

ПРАВИТЕЛЬСТВО РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«Санкт-Петербургский государственный университет»

Институт наук о Земле
Кафедра биогеографии и охраны природы

Бурова Анастасия Владимировна

Выпускная квалификационная работа

Апробация методики оценки состояния зеленых насаждений Санкт-Петербурга

Уровень образования: бакалавр
Направление 05.03.02 «География»
Основная образовательная программа СВ.5019.2018

Научный руководитель:
к.г.н., доц. Н.В. Терехина

Рецензент:
профессор кафедры лесоводства,
экологии и защиты леса
Мытищинского филиала МГТУ
им. Н.Э. Баумана, д.б.н., доц.
Румянцев Денис Евгеньевич

Санкт-Петербург

2022

Содержание

Введение.....	3
Глава 1. Физико-географическая характеристика Санкт-Петербурга.....	5
1.1 Геологическое строение.....	5
1.2 Рельеф.....	7
1.3 Климат.....	8
1.4 Водные объекты.....	10
1.5 Почвенные условия.....	11
1.6 Растительный мир.....	12
1.7 Животный мир.....	14
Глава 2. Обзор существующих методов и подходов оценки состояния зеленых насаждений в городе (литературный обзор).....	16
2.1 Зеленые насаждения.....	16
2.2 Мониторинг зеленых насаждений.....	18
2.3 Подходы и методы оценки состояния городских растений.....	22
2.3.1 Методы оценки состояния растений на основе измерения физиономических и морфометрических параметров.....	24
2.3.2 Анатомические методы оценки состояния деревьев.....	29
2.3.3 Изучение физиологических процессов (прибор «TreeTalker»).....	30
2.3.4 Определение жизненного состояния по наличию внутренних повреждений.....	32
2.3.5 Дистанционные методы исследования.....	34
2.3.6 Web-GIS.....	37
Глава 3. Материалы и методы.....	39
Глава 4. Результаты и обсуждения.....	47
4.1 Оценка состояния зеленых насаждений Кировского района.....	48
4.2 Анализ состояния зеленых насаждений в Санкт-Петербурге.....	55
Заключение.....	62
Список литературы.....	64
Приложение 1.....	68
Приложение 2.....	73
Приложение 3.....	75
Приложение 4.....	76

Введение

Зеленые насаждения являются неотъемлемой частью мегаполиса. В условиях города – это важнейший элемент градостроительства в санитарно-гигиеническом, архитектурно-планировочном и эстетическом отношении. Озеленение может в значительной степени улучшить состояние городской среды, благотворно влияя на микроклимат территории, состояние воздуха, привнося разнообразие в серую застройку и влияя на эмоционально-психологическое состояние людей. В тоже время, неблагоприятные условия городской среды (изменение режима освещения, загрязненный воздух и грунты, повышенная рекреационная нагрузка и т.п.) оказывают негативное влияние на городские растения, в связи с чем оценка экологического состояния зеленых насаждений становится особо актуальной.

В 2020 году сотрудниками ООО «СЗЦ «Экологическая лаборатория» была разработана Методика оценки экологического состояния зеленых насаждений Санкт-Петербурга, представляющая собой обновленную методику оценки экологического состояния зеленых насаждений общего пользования Санкт-Петербурга 2007 года. Обновленная методика направлена на получение объективной и актуальной информации о состоянии объектов озеленения и отдельных элементов растительности (деревьев, кустарников, газонов и цветников) по средством визуальной оценки. Обновлению предшествующей методики послужили динамичность городской среды, приводящая к изменению условий существования растений, накопленный опыт наблюдений и изменение законодательства в отношении зеленых насаждений. В связи с возникла необходимость проведения апробации методики ввиду ее новизны для установления эффективности применения.

Объектом исследования являются зеленые насаждения общего пользования на территории Санкт-Петербурга.

Цель исследования заключается в оценке эффективности применения методики на практике.

В соответствии с поставленной целью решались следующие **основные задачи исследования**:

- 1) Изучить существующие методы и подходы к оценки состояния городских растений;

2) Провести оценку состояния зеленых насаждений в 2021 году на примере Кировского района (по собственным материалам);

3) Проанализировать состояние зеленых насаждений в 2021 году в Санкт-Петербурге (по материалам ООО «Экологическая Лаборатория»);

4) Сделать заключение о перспективности применения использованного метода.

Структура работы представлена четырьмя главами. В первой главе содержится физико-географическая характеристика города Санкт-Петербурга. Вторая глава посвящена методам и подходам оценки состояния растений в городе. В третьей главе описаны материалы и методы, с помощью которых было проведено исследование. Четвертая глава посвящена результатам и их обсуждению.

В заключении подведены итоги по данной работе и сделаны выводы.

Приложения содержат формы описания объектов и пробных площадей, таблицы с поправочными коэффициентами для расчета коэффициента комплексной экологической оценки и нормативы качества.

Глава 1. Физико-географическая характеристика Санкт-Петербурга

Санкт-Петербург – город федерального значения Российской Федерации, самый крупный город в пределах таежной зоны Евразии и Северной Америки (Атлас особо охраняемых..., 2013). Сейчас это второй по численности населения город, важный культурный, научный и экономический центр России, а центр города и исторические архитектурные памятники связанные с ним входят в список объектов всемирного наследия ЮНЕСКО.

Город Санкт-Петербург занимает территорию, площадь которой составляет 1446 км², и располагается на прилегающем к устью реки Невы побережье Невской губы Финского залива с многочисленными островами, среди которых основными являются Васильевский, Петроградский, Петровский, Крестовский, Елагин острова. Географические координаты центра города - 59°57' с. ш. 30°19' в. д. (URL: <http://gov.spb.ru/>).

1.1 Геологическое строение

На большей части территории Санкт-Петербурга коренные породы перекрыты слоем четвертичных отложений (средняя мощность составляет 20-30 м, в палеодолинах – 100-130 м), за исключением нескольких глубоких долин рек в южной части города, где дочетвертичные породы выходят на поверхность. Породы фундамента представлены мигматизированными гнейсами, гранитами архейско-раннепротерозойского возраста, гнейсами лахденпохского метаморфического комплекса с мигматитами и телами амфиболитов распространены в северных районах.

Нижний слой осадочного чехла представлен в пределах города отложениями вендского возраста (редкинский горизонт, включающий гравелиты, песчаники, аргиллиты, аргиллитоподобные глины и алевролиты, и котлинский горизонт, включающий песчаники и алевролиты гдовского слоя и глины, алевролиты и песчаники верхней подсвиты). Следом залегают отложения ломоносовской свиты лонтоваского горизонта нижнего отдела кембрия, представленные тонкозернистыми песчаниками, алевролитами и алевролитовыми глинами общей мощностью до 12 м. Выше по разрезу располагается достаточно мощный слой (115-120 м) отложений сиверской свиты, которые выходят на поверхность в нижних частях склонов долин рек, прорезающих Балтийско-Ладожский уступ. Локально на отложениях сиверской свиты залегают пески и песчаники саблинской свиты.

В Красносельском и Пушкинском районах на дочетвертичную поверхность выходят породы ордовика, разрез которых представляет собой тосненскую (бурые и кирпично-красные оболовые пески и песчаники), копорскую (серовато-черные и черные аргиллиты и алевролиты — комплекс «диктионемовых сланцев»), лэтескую (глауконитовые глины, пески, мергели) и волховскую (доломитизированные глауконитовые известняки) свиты.

Коренные породы почти по всей территории Санкт-Петербурга перекрыты четвертичными отложениями, генезис и литологический состав которых различен и разнообразен. В разрезе четвертичных отложений выделяются моренные образования вологодского, московского и осташковского оледенения. Практически повсеместно развита осташковская морена, залегающая на суше с глубины 5-10 м и выходящая на поверхность в южных районах города, на крайнем северо-западе Курортного района (левый берег р. Черная). Средняя мощность составляет несколько десятков метров, максимальная мощность в 88 м наблюдается на Дудергофских высотах. Меньше распространена московская морена. Распространена она главным образом в центральных и северо-восточных районах города, а максимальная мощность доходит до 60 м. Локально представлена вологодская морена, максимальная мощность которой около 70 м.

Моренные отложения в черте города разделены морскими, озерными, водно-ледниковыми и аллювиальными осадками. Водно-ледниковые отложения осташковского оледенения, которые представлены средне- и мелкозернистыми песками, суглинками и супесями, выходят на поверхность в северной части города и формируют озово-камовый рельеф. Морену и водно-ледниковые осадки осташковского оледенения перекрывают озерно-ледниковые отложения Балтийского ледникового озера, представленные преимущественно суглинками и глинами. Их мощность варьирует от 1 до 20 м.

Вдоль побережий Финского залива распространены отложения Литоринового моря, которое предшествовало современному Балтийскому морю 7,5-4 тыс. лет назад. Отложения Литоринового моря представлены в пределах города песками, супесями, суглинками, гиттиевыми глинами, мощность которых достигает 13,6 м.

Аллювиальные осадки распространены в виде речного аллювия. Эоловые отложения отмечены вблизи северного побережья Финского залива. Данные отложения образуют небольшие дюны высотой до 5 м, сложенные мелкозернистыми желтыми и желто-серыми песками. В озерах и водохранилищах распространены озерные отложения.

В основном они распространены в северных районах города и представлены песками, глинами и илами общей мощностью до 3 м.

Биогенные отложения до основания города занимали около четверти площади центральных районов города, однако за время существования города многие торфяники были либо полностью выработаны, либо засыпаны. В настоящее время торфяники занимают не менее 5 % городской территории.

В черте города имеют широкое распространение техногенные образования: намывные и насыпные грунты; промышленные, строительные и бытовые отходы; железнодорожные насыпи и др. (Атлас особо охраняемых..., 2013; Геологический атлас..., 2009; Исаченко, Резников, 2014).

1.2 Рельеф

Территория Санкт-Петербурга расположена в пределах Восточно-Европейской равнины и занимает основную часть Приневской низменности. Современный рельеф территории был сформирован в результате деятельности валдайского оледенения и эрозионно-аккумулятивной деятельности водных потоков и водоемов. Абсолютные высоты колеблются от 0 до 176 м, наибольшие отметки высот отмечены на юге Красносельского района, где находятся Дудергофские высоты (г. Ореховая – 176 м) (Атлас особо охраняемых..., 2013).

Террасированный характер Приневской низины и территории, прилегающей к северному и южному побережью Невской губы, напрямую связан с эволюцией морских и озерных послеледниковых бассейнов, когда происходило постепенное понижение уровней водоемов. На территории Санкт-Петербурга можно выделить восемь более или менее выраженных террас. Финский залив окаймляет Литориновая терраса, являющаяся наиболее низкой частью Приневской низменности. Абсолютные высоты террасы достигают 12 м, ширина варьируется от 1 км (в Петродворцовом районе и в северо-западной части Курортного района) до 5 и более км (наибольшая ширина составляет 16-17 км) (Исаченко, Резников, 2014).

От следующего террасового уровня литориновую террасу отделяет многокилометровый хорошо выраженный в рельефе уступ, высотой до 28 м. Выше уступа расположены озерные и озерно-ледниковые абразионно-аккумулятивные террасы (средняя высота – 30 м) с водно-ледниковыми холмами и грядами (Геологический атлас..., 2009).

Юго-западная часть Санкт-Петербурга находится в пределах Ижорского плато. Это платообразная структурная возвышенность с абсолютными высотами около 100 м, сложенная известняками нижнего и среднего ордовика и перекрытая маломощной карбонатной мореной. С севера и северо-востока Ижорское плато ограничено невысоким (до 25-30 м) глинтом (Балтийско-Ладожским уступом) (Исаченко, Резников, 2014).

Для территории города характерны техногенные формы рельефа: котловины, каналы, насыпные и намывные площади, дамбы, песчаные и глиняные карьеры и т.п. Особенно сильно они распространены в южных районах Санкт-Петербурга (Атлас особо охраняемых..., 2013).

1.3 Климат

Территория Петербурга располагается в области умеренного климата. Однако положение на берегу Балтийского моря, равнинно-низменный рельеф и воздушные потоки атлантического происхождения оказывают большое влияние на климат города, позволяя выявить как черты морского климата, так и континентального (Даринский, Асеева, 1996). Черты континентального климата проявляются в достаточно высокой амплитуде средних температур самого холодного и самого теплого месяцев (до 25°C) и продолжительной зимой (более 3 месяцев). Морской климат оказывает влияние на влажность воздуха (более высокие показатели относительной влажности воздуха) (Атлас особо охраняемых..., 2013).

На протяжении большей части года преобладают дни с облачной, часто пасмурной погодой. По данным с официального сайта Администрации Санкт-Петербурга количество солнечных дней около 60 дней, большая часть которых приходится в основном на летний период. Однако в районах расположенных на побережье Финского залива в летнее время наблюдается некоторое уменьшение облачности, что объясняется бризовой циркуляцией. В зимний период наблюдается повышение облачности над прибрежными районами и уменьшение над центром (Пигольцина, 2009).

Территория Петербурга попадает в зону высокого увлажнения: количество выпадающих осадков в среднем составляет 600 мм. В течение года осадки выпадают неравномерно, большая часть приходится на летние месяцы в виде дождя. Также наблюдаются различия между количеством атмосферных осадков, выпадающих в разных частях города; в северных районах города количество осадков увеличивается на 50-70 мм. Влажность воздуха достаточно высокая, и в среднем за год составляет около 80 %. Высокая

влажность обуславливает частые туманы, особенно зимой. Средняя мощность снежного покрова небольшая и составляет около 33 см, редко наблюдаются высоты в 50-60 см (Атлас особо охраняемых..., 2013; URL: <http://gov.spb.ru/>).

В течение года преобладают легкие ветра, скорость которых составляет 2-3 м/с, ветры со скоростью больше 15 м/с бывают в прибрежных районах в среднем 14-22 дня в году, а в центральных районах – около 2 дней (Атлас особо охраняемых..., 2013).

На формирование зимней погоды влияют Атлантический океан и Балтийское море. В первые месяцы зимы над территорией города формируется циклон, в связи с чем первая половина зимы умеренно холодная, с частыми оттепелями, сильными порывами ветра и гололедицей. Вторая половина зимы характеризуется более низкими температурами, что объясняется влиянием антициклона (Даринский, Асеева, 1996). Осадки в основном выпадают в виде снега, однако в последние годы наблюдались осадки в виде дождя. Самым холодным месяцем является февраль со среднемесячной температурой -8°C (температура января составляет $7,7^{\circ}\text{C}$ ниже нуля), а самая холодная температура была зафиксирована 11 января 1883 года и составила $-35,9^{\circ}\text{C}$ (Книга рекордов..., 1995).

Лето обычно начинается с неустойчивой прохладной погодой с дождями и возможно с градом. С июля температура поднимается до 20°C , бывают периоды с жаркой погодой. Самая высокая температура зафиксированная в городе за последнее время была 7 августа 2010 года ($+37,1^{\circ}\text{C}$) (URL: <http://gov.infoeco.ru/>).

Городская среда создает свои особенные мезоклиматические особенности, отличающиеся от регионального климата. В то же время наблюдается отличие в микроклимате отдельных районов Санкт-Петербурга, на что влияет особенности ландшафта и условия застройки.

Различия в термическом режиме обусловлены положением района относительно «острова тепла» (центральной части города с максимальной температурой воздуха) и акватории Финского залива. Так на побережье залива относительно восточных районов города весна холодная и затяжная, с меньшими показателями температуры. В центре города из-за влияния «острова тепла» среднемесячные температуры теплого периода будут выше температур окраинных территорий. В осенне-зимний период наблюдается совершенно другая картина: среднемесячные температуры центральной части и прибрежных районов не сильно отличаются – обуславливается влиянием хорошо прогретого за летний сезон водоема на прибрежные районы. Восточные районы, расположенные в удалении от залива

и отепляющего влияния центра города, холоднее, а разница температур может составлять до 1°С (Пигольцина, 2009).

1.4 Водные объекты

Высокие показатели увлажнения обуславливает обилие водных объектов, расположение которых определяется рельефом и геологическим строением территории. Вся речная сеть достаточно густая и относится к бассейну Финского залива, восточная часть которого носит название Невской губы.

Реки характеризуются смешанным питанием с преобладанием снегового типа питания и значительной ролью дождевого типа. Основной водной магистралью является река Нева с многочисленными протоками и каналами. Площадь бассейна реки составляет в общей сложности 281 000 км². Длина реки составляет 74 км, из них 32 км проходит в черте города, ширина варьируется от 210 до 1250 м. Преобладающие глубины реки – 8-11 м, а наибольшие глубины (26 м) отмечаются в районе Литейного моста. Наиболее крупными протоками являются Малая Нева, Большая Невка, Малая Невка, Средняя Невка, Фонтанка, Мойка, Екатерингофка. Среди искусственно созданных протоков наибольшую длину (около 8 км) имеет Обводный канал (Атлас особо охраняемых..., 2013; Даринский, Асеева, 1996).

Помимо главной реки в Санкт-Петербурге и пригородах насчитывается еще 64 реки, а также 48 каналов и 34 ручья, общая протяженность которых составляет 555,5 км (Даринский, Асеева, 1996). Наиболее крупными правыми притоками Невы являются река Охта и Черная, левыми – реки Ижора и Славянка. Речная сеть, не относящейся к бассейну Невы, представлена небольшими реками и ручьями: Каменка, Сестра, Черная, Дудергофка, Стрелка и Карость (Атлас особо охраняемых..., 2013).

В городе расположено около 130 водоемов искусственного и естественного происхождения (Даринский, Асеева, 1996). К самым крупным искусственным водоемам относятся Охтинское, Ижорское и Пулковское водохранилища. Среди естественных водоемов наиболее крупные – озеро Большое Суздальское (0.7 км²), Щучье (0.5 км²) и Глухое (0.15 км²). Большое количество небольших по размеру мелководных искусственных водоемов расположены в садах и парках Санкт-Петербурга, в окрестностях городов Пушкин и Павловск (Атлас особо охраняемых..., 2013).

1.5 Почвенные условия

Почвенный покров города очень разнообразен – здесь присутствуют как естественные «нетронутые» почвы, так и почвенные профили, преобразованные человеком. На основной территории города доминируют почвы, кардинально отличающиеся по своему морфологическому строению и свойствам от естественных почв (Апарин, Сухачева, 2013).

Почвы городов подразделяют на три группы. К естественным почвам на территории Санкт-Петербурга относятся почвы парков, особо охраняемых природных территорий и территорий лесопарковых зон, а также слабозрелые почвы на вновь экспонированных грунтах. Основными естественными почвами являются дерново-подзолистые глееватые, дерново-элювиально-метаморфические, серогумусовые окисленно-глеевые, серогумусовые, темногумусовые глеевые, перегнойно-глеевые, торфяные эутрофные, торфяные олиготрофные почвы, подзолы глееватые. К группе антропогенно-естественных почв относятся агро-почвы, агроземы, а также стратифицированные и турбированные почвы. Эти почвы являются почвами городских сельскохозяйственных угодий и занимают около 1/5 части площади Санкт-Петербурга. Последнюю группу составляют городские почвы (стратоземы и урбостратоземы), имеющие поверхностный органоминеральный слой, созданный в результате деятельности человека. Такой слой формируется в результате перемешивания, насыпания, погребения и загрязнения различными материалами антропогенного происхождения (Матинян, Гостинцева, Бахматова, 2015).

На территории города распространены различные комбинации естественных, антропогенно-естественных, городских почв и непочвенных поверхностных образований. Так основными почвами в центральной части города являются интродуцированные серогумусовые урбослоистые, урбислоисто-гумусовые почвы и стратифицированные агроземы (Апарин, Сухачева, 2013).

В результате антропогенной деятельности происходит нарушение комплекса характеристик почв. Например, при загрязнении почвенных профилей бытовым и строительным мусором наблюдается повышение рН почв. При сильной рекреационной нагрузке происходит переуплотнение верхних горизонтов, что приводит к снижению влагопроницаемости почвы и в дальнейшем сказывается на жизнеспособности растений. Однако наибольшее влияние на нарушение биологического баланса почвы оказывает химическое загрязнение выбросами автотранспорта, промышленных предприятий и антигололедными средствами.

1.6 Растительный мир

Санкт-Петербург располагается в южной подзоне тайги, для которой характерно господство хвойных лесов, постепенно сменяющийся зоной смешанных хвойно-широколиственных лесов к югу Ленинградской области (Карта растительности, 1997).

Территория Санкт-Петербурга представляет собой террасированную равнину. На нижних террасах (современная морская и литориновая террасы) распространена прибрежно-водная растительность, сухие сосновые леса на песчаных береговых валах, черноольховые леса в переувлажненных понижениях, для песчаных пляжей и дюн характерна псаммофитная растительность. Местами встречаются еловые кисличные, черничные и сфагновые леса, а также небольшие участки широколиственных лесов. Более высокие террасы заняты мелколиственными лесами и лугами, лишь в Курортном районе распространены сосновые и еловые массивы. Многочисленные пустыри и свалки покрыты травяными сообществами с преобладанием сорных и заносных видов (Атлас особо охраняемых..., 2013).

По соотношению площадей естественные леса распределяются следующим образом: сосняки брусничные, черничные и сфагновые составляют 44%, березняки, выросшие после пожаров, рубок хвойных лесов и на заброшенных сельскохозяйственных землях – 38%, ельники черничные, кисличные и сфагновые – 13%, осинники, сероольшаник и ивняки – 4%, и около 2% территории занято переходными и верховыми болотами (Материалы оценки..., 2020).

Флора отличается большим видовым разнообразием, согласно «Иллюстрированному определителю растений Ленинградской области» (2006) в пределах Санкт-Петербурга произрастают 1080 видов сосудистых растений, около 300 видов мохообразных и 540 видов лишайников. Расположение города в подзоне южной тайги обуславливает широкое распространение как бореальных видов (*Lycopodium annotinum*, *Vaccinium myrtillus*, *Oxalis acetosella*, *Vaccinium vitis-idaea* и др.), так и неморальных видов (*Corylus avellana*, *Lonicera xylosteum*, *Daphne mezereum*, *Mercurialis perennis*, *Asarum europaeum*, *Pulmonaria obscura* и др.), связанных со смешанными и широколиственными лесами (Атлас особо охраняемых..., 2013).

Многие виды растений занесены в Красную книгу Санкт-Петербурга, Ленинградской области и Российской Федерации. Согласно распоряжению Комитета по природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению экологической

безопасности от 12.07.2018 № 201-р, в современную редакцию Красной книги Санкт-Петербурга были занесены 68 вида лишайников, 19 – водорослей, 50 – мохообразных, 47 – сосудистых растений. Среди них можно выделить *Caulinia tenuissima*, *Alisma wahlenbergii*, *Carex arenaria*, *Isatis tinctoria*, *Tillaea aquatica*, *Mnium hornum*, *Umbilicaria polyphylla*, *Cladonia stellaris* и др. (Красная книга..., 2018).

Специфическим компонентом растительного мира Санкт-Петербурга является культурная флора, сочетающая в себе представителей как аборигенной, так и адвентивной флоры.

По числу видов, культивируемых в городе, преобладают семейства *Rosaceae* (183 вида), *Asteraceae* (100), *Pinaceae* (71), *Salicaceae* (42), *Lamiaceae* (35), *Fabaceae* (30). По спектру жизненных форм основу городской флоры составляют декоративные и плодовые древесно-кустарниковые растения (467 видов), немного меньше выращиваются многолетние травы (428 вида: *Bellis perennis*, *Symphytum officinale* и др.). Также представлены однолетники и двулетники (144 вида), древесные (13 видов: *Aristolochia macrophylla*, *Vitis amurensis* и др.) и травянистые лианы (11 видов: *Ipomoea hederacea*, *Humulus lupulus* и др.) и кустарнички (6 видов: *Helianthemum vulgare*, *Pachysandra terminalis* Sieb. & Zucc. и др.) (Бялт и др., 2019).

Основными древесными породами, используемыми в озеленении Санкт-Петербурга, являются липа (до 5 видов, с преобладанием *Tilia cordata*), вяз (*Ulmus glabra* и *Ulmus laevis*), клен (*Acer platanoides*), береза (преобладание *Betula pendula* и *B. pubescens*), тополь (преобладание *Populus x berolinensis* и *P. balsamifera*), ясень (*Fraxinus pennsylvanica* и *F. excelsior*), дуб (*Quercus robur*), что говорит об относительно низком видовом разнообразии в городе. Преобладают также виды рода *Salix* (*Salix alba*, *S. caprea*, *S. fragilis* и др.), большинство из которых относится к местной флоре (Бялт и др., 2019; Федорова, 2009; Фирсов и др., 2010).

Среди кустарников на территории города произрастают сирень венгерская (*Syringa josikaea*) и обыкновенная (*S. vulgaris*), роза морщинистая (*Rosa rugosa*), кизильник блестящий (*Cotoneaster lucidus*), спирея (*Spiraea*), акация желтая (*Caragana arborescens*), свидина белая (*Swida alba*) и др. (Бялт и др., 2019).

Небольшим видовым разнообразием представлены хвойные растения. В структуре насаждений преобладают рода *Larix* (12 видов), *Pinus* (11 видов) и *Picea* (10 видов). Большинство видов встречаются в озеленении единично (*Abies sibirica*, *Picea abies*, *Pinus pumila* и др), и только пять видов имеют более широкое распространение (*Larix sibirica*,

Thuja occidentalis, *Pinus sylvestris*, *Picea pungens*, в последнее время часто встречается *Pinus mugo*) (Фирсов, 2016). Кроме того на озелененных территориях встречаются представители рода *Chamaecyparis* (*Chamaecyparis pisifera*, *C. lawsoniana*), *Juniperus* (*Juniperus communis*, *J. Davurica*, *J. Rigida* и др.), *Thuja* (*Thuja occidentalis*, *T. Plicata* и др.) (Бялт и др., 2019).

За последнее время ассортимент деревьев и кустарников пополнился. Наряду с основными породами все чаще встречаются рябина, ива, черемуха, произрастают интродуцированные виды деревьев и кустарников: каштан конский (*Aesculus hippocastanum*), маньчжурский орех (*Juglans mandshurica*), клен приречный (*Acer ginnala*), тис ягодный (*Taxus baccata*), псевдотсуга Мензеса (*Pseudotsuga menziesii*), черемуха Маака (*Radus maackii*), форзиция европейская (*Forsythia europaea*) и другие (Бялт и др., 2019; Федорова, 2009).

1.7 Животный мир

Животный мир достаточно разнообразен: насчитывается около 250 видов птиц, до 40 видов млекопитающих, несколько видов земноводных и пресмыкающихся, многочисленные беспозвоночные (Материалы оценки..., 2020).

На территории Санкт-Петербурга зарегистрировано 8 видов земноводных и 4 вида пресмыкающихся (гадюки, лягушки, жабы и тритоны). Земноводные встречаются в прибрежных районах, по берегам водоемов, в лесопарках и некоторых городских парках, на пустырях, пресмыкающиеся сохранились только на природных территориях (в лесах и редко в лесопарках).

Видовое разнообразие и численность орнитофауны сильно варьируется на разных территориях и зависят от типа биотопов, их площади и мозаичности, наличия связи с естественными природными комплексами. Наиболее широко представлены лесные и водные или околородные виды, открытые биотопы (сельскохозяйственные угодья и луга) населяют виды лугово-кустарникового комплекса. В урбанизированных биотопах встречаются в основном синантропные виды: вороны, кряквы, чайки, голуби, дятлы, дрозды.

Фауна млекопитающих включает как таежные виды, так и обитателей широколиственных и смешанных лесов. Обычны лоси и косули, еж обыкновенный, землеройка, белка, заяц-беляк, мыши и полевки, в городе встречается серая крыса (Атлас особо охраняемых..., 2013).

В водоемах города и его окрестностях, а также в Финском заливе обитает порядка 60 видов рыб, из которых наиболее распространёнными являются салака и корюшка, реже форель, угорь и миноги (Даринский, 2003).

Глава 2. Обзор существующих методов и подходов оценки состояния зеленых насаждений в городе (литературный обзор)

2.1 Зеленые насаждения

С усилением урбанизации, роста городского населения и, соответственно, с увеличением рекреационной нагрузки усиливается неблагоприятное воздействие на окружающую среду. В городах образуются особые экологические условия связанные с формированием острова тепла, повышенной эмиссией парниковых газов, загрязнением воздуха промышленными газами, нарушением гидрологических циклов, нивелированием ветров, запечатыванием почв др. (Горохов, 2005; Цуварева, 2021).

Важной составляющей для поддержания благоприятных экологических условий, а также решения архитектурно-планировочных и эстетических задач города, являются зеленые насаждения (ЗН). Под зелеными насаждениями, согласно статье 1 закона Санкт-Петербурга N 396-88 от 23.06.2010 «О зеленых насаждениях в Санкт-Петербурге», понимаются древесные, кустарниковые, травянистые растения и цветники естественного (выросшие в результате естественных процессов, без ведения хозяйственной деятельности человека) и искусственного (высаженные в результате хозяйственной деятельности человека) происхождения, расположенные на территории города.

На территории Санкт-Петербурга выделяют следующие виды зеленых насаждений: территории зеленых насаждений общего пользования (ЗНОП), территории зеленых насаждений, выполняющих специальные функции, территории зеленых насаждений ограниченного пользования, территории защитных лесов и территории зеленых насаждений особо охраняемых природных территорий.

Большую роль в городской среде играют территории зеленых насаждений общего пользования (парки, сады, скверы и бульвары), к которым относятся территории, находящиеся в различных территориальных зонах территории общего пользования, занятые зелеными насаждениями, используемые в рекреационных целях неограниченным кругом лиц и не подлежащие приватизации. К ним относятся лесопарки в границах города, общегородские и районные парки, сады жилых районов, микрорайонные и межквартальные сады, скверы и бульвары (Закон Санкт-Петербурга от 23.06.2010 N 396-88 «О зеленых насаждениях в Санкт-Петербурге»)

Согласно статье 15 Закона Санкт-Петербурга от 23.06.2010 N 396-88 «О зеленых насаждениях в Санкт-Петербурге» ЗНОП разделяются на следующие категории:

- Территории зеленых насаждений общего пользования городского значения (ЗНОП, в отношении которых мероприятия, предусмотренные настоящим Законом Санкт-Петербурга, осуществляются уполномоченным Правительством Санкт-Петербурга исполнительным органом государственной власти Санкт-Петербурга)
- Территории зеленых насаждений общего пользования местного значения (ЗНОП, в отношении которых мероприятия, предусмотренные настоящим Законом Санкт-Петербурга, осуществляются органами местного самоуправления внутригородских муниципальных образований Санкт-Петербурга)
- Территории зеленых насаждений общего пользования резерва озеленения (неблагоустроенные территории ЗНОП, предназначенные для озеленения и включенные в перечень территорий зеленых насаждений общего пользования в соответствии со статьями 6 и 6_1 настоящего Закона Санкт-Петербурга, в отношении которых мероприятия, предусмотренные настоящим Законом Санкт-Петербурга, осуществляются уполномоченным Правительством Санкт-Петербурга исполнительным органом государственной власти Санкт-Петербурга)

Согласно исследованиям как отечественных (Гостев, Юскевич, 1991; Королева, 2020; Кузнецов, Летягина, 2016; Румянцев, Фролова, 2019; Санаев, 2006; Чомаева, 2020), так и зарубежных специалистов (Aghamirloo et al., 2015; Anguluri, Narayanan, 2017; Jumaah et al., 2021; Karade et al., 2017) зеленые насаждения выполняют следующие функции:

1. Регулирование микроклимата. Растения оказывают существенное влияние на влажность, температурный и ветровой режим воздуха. Полоса зеленых насаждений полоса шириной в несколько десятков метров и больше 10 метров в высоту может снижать скорость ветра в 3-4 раза, а также снижать температуру воздуха на 3-4°C. Растения снабжают воздух водяным паром посредством транспирации, что увеличивает относительную влажность воздуха, кроме того с 1 м² газона может испариться около 200 г/ч воды, что также значительно повышает влажность.
2. Улучшение качества воздуха. Зеленые насаждения способны очищать воздух от загрязняющих веществ и токсичных газов за счет поглощения значительной части этих веществ поверхностью листа, а также предотвращать распространение пыли. Более того растения способны блокировать неприятные запахи и заменять их другими сильными и благоухающими запахами, за счет веществ, выделяющихся из листьев и цветов.
3. Снижение шумового загрязнения. Полоса древесных растений, расположенная между источником шума и жилыми зданиями, в среднем способна снижать уровень шума на 5-10%.

4. Регулирование величины солнечной радиации. Растения способны блокировать солнечные лучи, снижать уровень солнечной радиации. Например, дерево с густой кроной способно уменьшить величину излучения на 10%.

5. Выделение фитонцидов. Значимой функцией растений является способность выделять особые летучие и нелетучие вещества – фитонциды, убивающие болезнетворные бактерии. Особенно эта функция важна для зеленых насаждений, расположенных на территориях школ, больниц и санаториев.

6. Роль ЗН как архитектурного и планировочного элемента. При градостроительстве зеленые массивы являются основой разделения городских зон (жилых, промышленных, коммерческих и т.п.). Городские зеленые насаждения являются средством индивидуализации районов и микрорайонов города. Помимо этого объекты озеленения могут быть использованы для маскировки дефектов архитектуры, например, чтобы смягчить стык зданий.

7. Эстетический элемент в градостроительстве. Чистые ухоженные скверы, обилие парков и садов, использование в озеленении зеленых газонов и различных пород деревьев и кустарников оживляет городские ландшафты, а интересные цветочные композиции приносят яркие краски в серый облик города.

8. Социальная функция. Зеленые пространства являются объектами встреч и знакомств людей. Парки, лесопарки и сады прекрасно подойдут для занятий спортом, учебы и прогулки в свободное от работы время.

9. Эмоционально-психологическое воздействие на человека. Природа в целом оказывает благоприятные воздействия на здоровье человека: улучшается обмен веществ, исчезают нарушения в работе сердечно-сосудистого аппарата, организм обогащается кислородом, улучшается состояние нервной системы. В конечном счете, отдых в зеленых зонах способствует восстановлению физических и духовных сил человека, что повышает работоспособность населения (Кузнецов, Летягина, 2016; Karade et al, 2017).

2.2 Мониторинг зеленых насаждений

С целью контроля за устойчивостью, жизнеспособностью, поврежденностью городских растений необходимо проводить мониторинговые обследования (экологический мониторинг) на объектах озеленения. Согласно закону Санкт-Петербурга N 396-88 от 23.06.2010 «О зеленых насаждениях в Санкт-Петербурге» мониторинг зеленых насаждений – деятельность по организации и осуществлению систематического наблюдения за

состоянием зеленых насаждений, оценки и прогноза изменений состояния зеленых насаждений под воздействием природных и антропогенных факторов.

Наряду с этим, мониторинговые обследования проводятся в целях оценки эффективности выполняемых мероприятий по улучшению качества озелененных территорий, информационного обеспечения хозяйственной деятельности в области создания, содержания, контроля и охраны ЗН (Крючков, 2015).

Экологический мониторинг могут проводить специализированные учреждения (например, Комитет по природопользованию) или организации и предприятия, в расположении которых находятся озелененные территории (с последующим экспертным заключением по собранным данным).

Выделяют долгосрочную, ежегодную или плановую и оперативную оценки состояния ЗН. Долгосрочная оценка проводится раз в 10 лет. Ежегодная или плановая оценка подразумевает проведение мониторинга два раза в год (весной и осенью) опытными специалистами. Весенний осмотр проводится в конце апреля с целью проверки готовности озелененных территорий к эксплуатации, в результате чего уточняются и проводятся необходимые ремонтные работы. Осенний осмотр, главной задачей которого является проверка готовности зеленых насаждений к зимнему периоду, проводится в сентябре (по окончании вегетационного периода), в результате чего также принимаются необходимые меры. В случае чрезвычайных ситуаций (сильные ветра, ливень, снегопад, град и т.п.) проводится оперативная оценка состояния ЗН (Правила создания..., 1999).

На территории Российской Федерации первые исследования о состоянии зеленых насаждений и городских лесов появились в 1951 г. В то время по инициативе и под руководством лесоведа и энтомолога заведующего кафедры защиты леса Московского лесотехнического института А.И. Воронцова были проведены работы по изучению комплекса вредителей и возбудителей болезней, состояния зеленых насаждений и лесов столицы и ее пригорода, их экологии, биологии, распространения и роли для создания эффективной системы защитных мероприятий. Полученные данные внесли вклад в создание методологии мониторинга городских лесов и зеленых насаждений Москвы (Мозолевская, 1999).

В 1997 г. была разработана система мониторинговых обследований состояния зеленых насаждений и городских лесов Москвы (Мозолевская, 1998). Мониторинг включил в себя разработку концептуальных положений, выбор источников информации, организацию сети пунктов постоянного наблюдения, отбор параметров состояния

древесных насаждений, разработку методов и средств технического мониторинга состояния городской среды и анализа полученных данных, составление промежуточных информационных отчетов и итогового отчета по результатам мониторинга, разработку структуры и содержания базы данных мониторинга с использованием компьютерной техники и ее создание и т.п. (Мозолевская, 1999).

При проведении мониторинга состояние насаждений оценивается на постоянных пробных площадях (ППП). Сеть ППП располагается с учетом природно-ландшафтной и экологической особенностями Москвы, административного деления; функционального назначения и ценности объектов озеленения; разнообразия природных и антропогенных факторов воздействия на растения, действующих на территории столицы (Мозолевская и др., 1998). По данным Е.И. Пупырева и Х.Г. Якубова (1999) к 1998 году сеть постоянных пробных площадей состояла из 135 территорий.

Мониторинговые обследования проводятся в четыре этапа: наблюдение и измерение показателей, анализ полученных данных и их оценка, прогноз ситуации и принятие технологических решений и решений в сфере управления (Мозолевская, 1999).

Оценка состояния древесных насаждений оценивается по 6-балльной шкале (деревья без признаков ослабления, ослабленные, сильно ослабленные, усыхающие и сухой текущий год и прошлых лет), разработанную для лесопатологических целей. В качестве дополнительных параметров указываются сохранность коры, цвет луба и обнажившейся древесины, наличие и состав комплекса насекомых.

Жизнеспособность деревьев характеризует индекс состояния насаждения (I_S), который определяется как сумма степени облиственности или охвоенности (изменяется от 1 для деревьев без признаков ослабления до 0 для сухостоев) и полноты древостоя (сомкнутости кроны) (при нормальной для данных условий и возраста коэффициент равен 1, при средней - 0,8, при низкой - 0,6). I_S выражается в баллах и варьируется от 0,1 (при почти полном усыхании насаждений) до 10 (при идеальном их состоянии) (Мозолевская и др., 2013).

На территории Санкт-Петербурга в соответствии с Законом Санкт-Петербурга «Об экологическом мониторинге на территории Санкт-Петербурга» от 17.04.2006 № 155-21 Комитетом по природопользованию, охране окружающей среды и экологической безопасности ежегодный мониторинг зеленых насаждений общего пользования проводился с 2007 года.

Сотрудниками ООО «СЗЦ «Экологическая лаборатория» была разработана Методика оценки экологического состояния зеленых насаждений общего пользования Санкт-Петербурга, утвержденная распоряжением Комитета по природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности от 30 августа 2007 года № 90-р. Целью проведения мониторинговых исследований являлось получение информации о состоянии зеленых насаждений, а также анализ и прогнозирование изменений состояния насаждений.

В период с 2007 по 2012 гг. наблюдения проводились на постоянных пробных площадях, расположенных по всему городу (рисунок 1). Каждая ППП включала около 40-50 деревьев, из которых не менее 20 деревьев должны были быть одной породы. С 2013 года из-за распространения опасных вредителей и болезней деревьев наиболее важным стало маршрутное обследование, охватывающие не только зеленые насаждения общего пользования, но и прилегающие территории (Мощеникова, 2017).

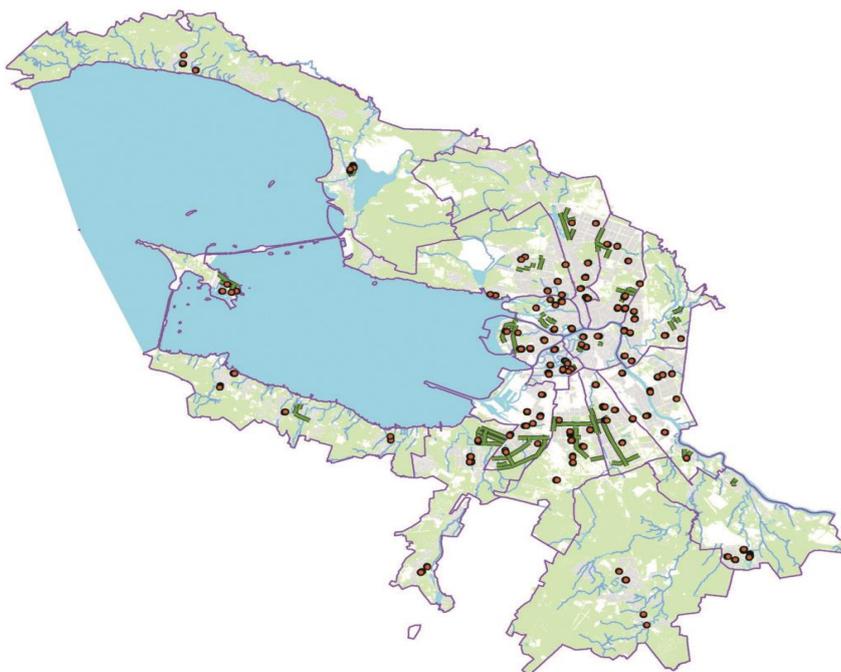


Рисунок 1. Схема расположения постоянных пробных площадей (110 ППП в 2012 г.) и маршрутных обследований (20 маршрутов в 2016 г.) (Мощеникова, 2017)

Интегральной характеристикой состояния объекта озеленения являлся коэффициент комплексной экологической оценки (ККЭО), представляющий собой показатель состояния всех элементов ЗН (деревьев, кустарников, газонов и цветников) с поправкой на их значимость (формула 1). Значения коэффициента варьируются от 1 до 3

(1,0 - 1,49 – идеальное состояние, 1,5 - 1,99 – хорошее, 2,0 - 2,49 – удовлетворительное и 2,5 - 3,0 – неудовлетворительное состояние) (Федорова, 2009).

$$\text{ККЭО} = \frac{S_1 \times 1 + S_2 \times 0,4 + S_3 \times 0,2 + S_4 \times 0,1}{1,7}$$

(1)

где, S_1 – средний балл состояния деревьев;

S_2 – средний балл состояния кустарников;

S_3 – средний балл состояния газонов;

S_4 – средний балл состояния цветников;

1; 0,4; 0,2 и 0,1 – поправочные коэффициенты деревьев, кустарников, газонов и цветников соответственно;

1,7 – сумма всех поправочных коэффициентов.

Результаты экологического анализа ежегодно публикуются в обзоре «Охрана окружающей среды, природопользование и обеспечение экологической безопасности в Санкт-Петербурге» Комитета по природопользованию, охране окружающей среды и экологической безопасности (Методика оценки..., 2007; Федорова, 2009).

В 2020 году вышла обновленная и дополненная «Методика оценки экологического состояния зеленых насаждений Санкт-Петербурга», утвержденная Распоряжением Комитета по природопользованию, охране окружающей среды и экологической безопасности от 03.02.2021 № 17-р и № 18-р.

2.3 Подходы и методы оценки состояния городских растений

На сегодняшний день не существует пока общепринятой методики оценки состояния городских растений. В зависимости от методологической школы разнятся восприятие и использование не только методов определения жизненного состояния растений, но и список исследуемых параметров. Существует некоторые исследования, доказывающие разную степень важности изучения конкретных параметров в зависимости от желаемого результата.

Шведский ученый J. Östberg et al. (2021) провели исследование, основанное на составлении рейтинга параметров, используемых шведскими экологами и городскими лесничими для оценки жизнеспособности деревьев. Для этого участники дискуссии должны были оценить жизнеспособность 21 дерева по 40 параметрам (рост, количество

усохших ветвей, размер листьев, отсутствие коры и т.п.), а также оценить важность использования параметров по шкале от 0 до 10 (0 – не важно; 10 – очень важно). Было выявлено, что группы параметров, связанных с показателями роста, внешних повреждений, описанием основных характеристик дерева, использовались достаточно часто, в то время как параметры относящиеся к состоянию участка и гниению/вредителей использовались меньше. Кроме того выявлена разница в использовании тех или иных параметров разными специалистами: городские лесники использовали больше параметров связанных с ростом растения и обрезкой, нежели экологи.

J. Morgenroth и J. Östberg (2017) предполагают, что список параметров, используемых при обследовании насаждений, может варьироваться в зависимости от целей исследования. Так для улучшения управления городскими лесами необходимо описать местоположение каждого дерева, видовой состав, высоту и диаметр на уровне груди. Программное обеспечение i-Tree Лесной службы Министерства сельского хозяйства США (i-Tree, 2015) для оценки экологических и экономических экосистемных услуг рекомендует собирать данные следующих параметров: видовой принадлежность, диаметр ствола, общая высота дерева, высота до живой верхушки, высота до основания кроны, ширина кроны, процент отсутствия кроны и процент отмирания кроны (рисунок 2).

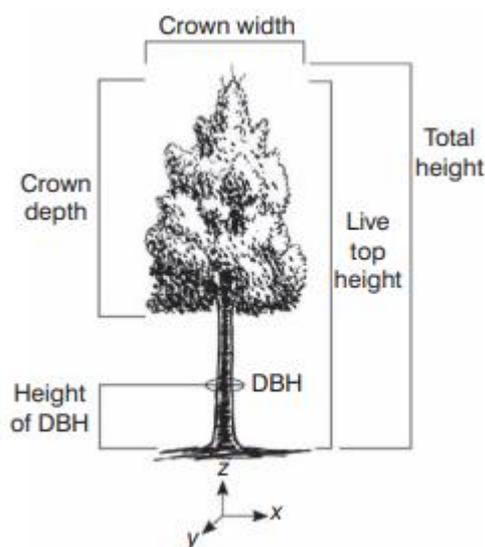


Рисунок 2. Общие переменные, которые измеряются для описания структуры дерева (Morgenroth, Östberg, 2017)

Обзор существующих методов и подходов по вопросу оценки состояния зеленых насаждений как на территории России, так и за рубежом позволяет выделить следующие

группы: оценка состояния деревьев по физиономическим и морфометрическим параметрам, анатомические и дистанционные методы, изучение физиологических процессов, использование web-gis.

2.3.1 Методы оценки состояния растений на основе измерения физиономических и морфометрических параметров.

В то время как технологии дистанционного зондирования используются все чаще, традиционные методы остаются наиболее распространенными для инвентаризации и оценки состояния городских лесов из-за их простоты и легкости в использовании. Одной из групп является определение жизнеспособности деревьев (кустарников) по морфологическим признакам растения.

Измерение высоты и диаметра ствола до сих пор используются для сравнения влияния условий окружающей среды на развитие растения. Высоту и диаметр дерева на уровне груди относительно легко измерить простыми инструментами (например, для определения диаметра ствола используют сантиметровую ленту или дендрометр) (Morgenroth, Östberg, 2017).

Точное измерение переменных высоты дерева и кроны представляет собой относительно сложную задачу, при этом документально зафиксированы ошибки, превышающие 30% (Bragg, 2008). Прямые измерения идеально подойдут для невысоких растений, однако будут затруднительными для более крупных деревьев. В этом случае идеально подойдет высотометр или косвенные методы (рисунок 3) (Morgenroth, Östberg, 2017).

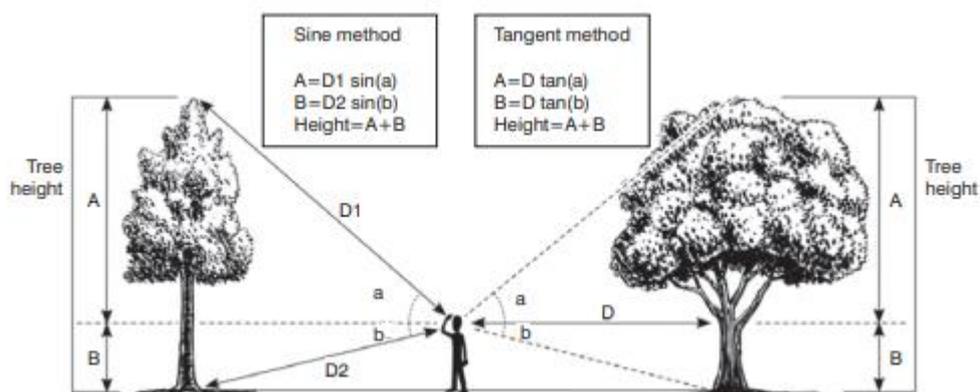


Рисунок 3. Определение высоты деревьев с помощью тригонометрических методов (Morgenroth, Östberg, 2017)

Еще одним распространенным методом, приемлемым для оценки состояния зеленых насаждений, является применение индекса листовой поверхности (Leaf area index – LAI) представляет собой отношение площади листьев к площади поверхности, занимаемое сообществом. LAI отражает продуктивность сообщества и в основном используется для анализа роста сельскохозяйственных культур или оценки продуктивности лесных сообществ. Снижение индекса листовой поверхности может быть результатом различных неблагоприятных условий (погодные условия, развитие болезней, повреждение вредителями) (Материалы оценки..., 2020). Для отдельных растений площади листьев измеряют напрямую и комбинируют с массой листьев, чтобы получить коэффициенты, такие как удельная площадь листьев (Specific leaf area – SLA) растения. SLA является мерой плотности листа, так как представляет собой отношение площади листа к его весу; следовательно, более плотные листья имеют более низкое значение (Johnstone et al., 2013). Метод предполагает сбор листового материала, в связи с чем применение LAI для городских растений не подходит.

Жизнеспособность деревьев также измеряется с помощью визуальной оценки состояния кроны дерева. Т. Martinez-Trinidad et al. (2010) использовали оценку от 1 до 3 – «хорошо», «удовлетворительно» и «плохо», чтобы сравнить визуальную оценку жизнеспособности с различными физиологическими измерениями у *Quercus virginiana*. Индекс состояния кроны, основанный на потере хвои и развитии некроза, был использован для оценки *Abies alba*, с оценкой от 1 до 7 (Torelli et al., 1999).

В работах D. Johnstone et al. (2012), P. Sepulveda и D. Johnstone (2018), D. Callow et al. (2018) применялся индекс визуальной жизнеспособности городских деревьев (Tree visual vitality index), разработанный R. Grimes (1978) и D. Lindenmayer et al. (1990) и доработанный R.A.U. Martin et al. (2001). Метод включает пять индивидуальных показателей: (1) положение кроны по отношению к другим деревьям, (2) размер кроны, (3) густота кроны, (4) наличие сухостоя, ветви и (5) эпикормальный рост кроны и отдельная классификация мертвых деревьев (рисунок 4).

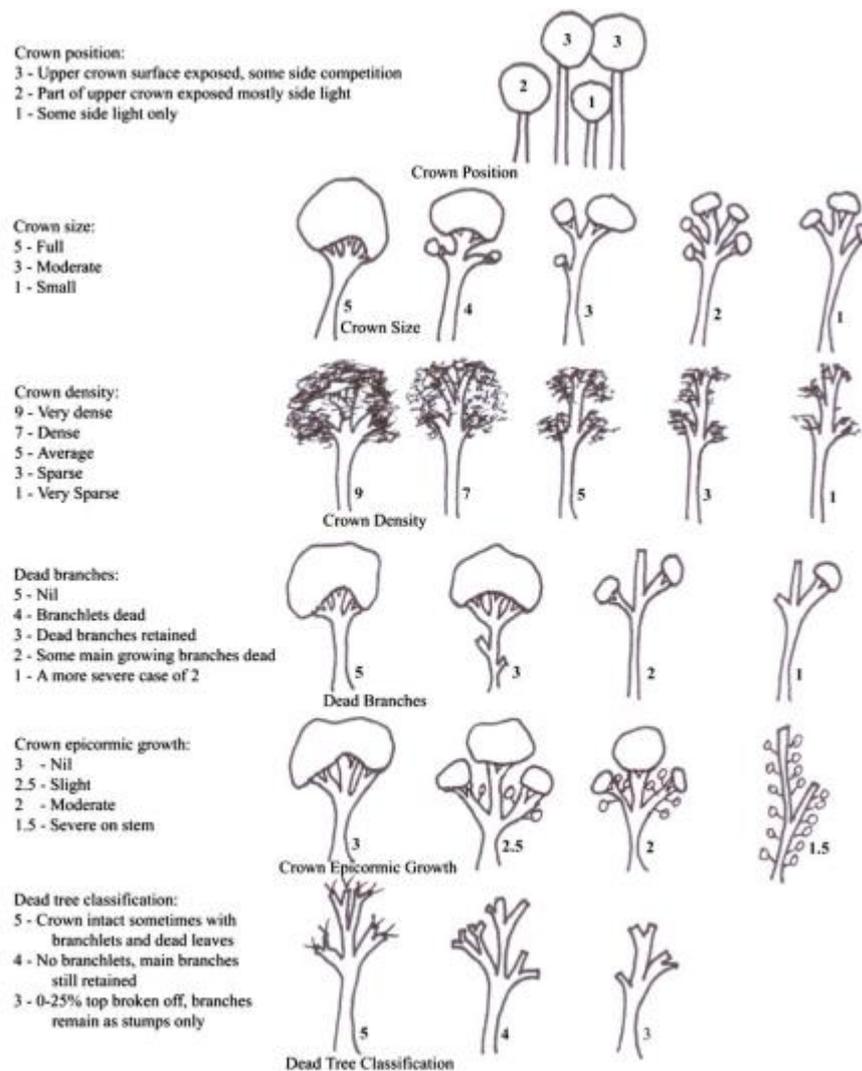


Рисунок 4. Диаграммное представление визуального индекса жизнеспособности для эвкалиптов (Johnstone et al., 2012)

Состояние кроны и ее отдельных элементов легло в основу Шкалы категорий жизненного состояния деревьев, разработанной В.А. Алексеевым (1989). Суждение о категории жизнеспособности выносится по совокупности нескольких основных признаков: густота кроны, наличие мертвых или усыхающих ветвей в верхней части кроны, наличие повреждений (некроз, хлороз, ожоги и т.д.). Сама шкала имеет 6 категорий: 1 – здоровое дерево, 2 – ослабленное, 3 – сильно ослабленное, 4 – отмирающее дерево, 5а – свежий сухостой и 5б- старый сухостой. Для определения относительного жизненного состояния древостоя разным категориям присваиваются коэффициенты 100 (полностью здоровые деревья), 70 (ослабленные), 40 (сильно ослабленные) и 5 (отмирающие), для сухостоя текущего и прошлых годов коэффициент равен 0. Расчет относительного жизненного состояния по числу деревьев рассчитывается по формуле 2:

$$L_n = \frac{100n_1 + 70n_2 + 40n_3 + 5n_4}{N},$$

(2)

где, L_n – относительная жизненность древостоя, определяемая по количеству деревьев;

n_1 – количество здоровых деревьев;

n_2 – количество ослабленных деревьев;

n_3 – количество сильно ослабленных деревьев;

n_4 – количество отмирающих деревьев;

N – общее число деревьев (включая сухостой) на пробной площади.

Более точным считается расчет относительного жизненного состояния по объему древесины, так как в этом случае учитываются ранги и размер деревьев (формула 3).

$$L_v = \frac{100v_1 + 70v_2 + 40v_3 + 5v_4}{V},$$

(3)

где, L_v – относительная жизненность древостоя, определяемая с учетом крупности деревьев;

v_1 – объем древесины здоровых деревьев;

v_2 – объем древесины ослабленных деревьев;

v_3 – объем древесины сильно ослабленных деревьев;

v_4 – объем древесины отмирающих деревьев или кустарников;

V – общий запас древесины в древостое на пробной площади.

При L_v равном 100-80%, жизненное состояние древостоя оценивается как здоровое, при 79-50% – ослабленное, при 49-20% – сильно ослабленное, при 19% и ниже древостой считается полностью разрушенным (Алексеев, 1989; Kosov, Zubareva, Prysov, 2021).

В.С. Николаевским с соавторами (1999) была разработана система методов (визуальная оценка, биометрические методы, анатомические и биофизические методы) оценки неблагоприятных воздействий на состояние древесных насаждений по степени

нарушения ассимиляционного аппарата и крон, подавления роста и изменения ряда параметров растения. Визуальный метод заключается в оценивании процента живых ветвей в кроне (P_1), степени охвоенности или облиственности кроны (P_2), процента живых, без некроза, листьев в кроне (P_3) и среднего процента живой площади листа (P_4), по балльной системе, где каждые 10% приравниваются к 1 баллу. Посредством сложения изученных показателей (P_1, P_2, P_3, P_4) определяется суммарная оценка состояния деревьев (C_B). Для каждого вида оценка проводится по 10-25 модальным деревьям. Для нормальных насаждений (без признаков ослабления или усыхания) максимальная величина C_B составляет 40 баллов.

При биометрическом методе измеряются размер и сухой вес годичных отрезков боковых побегов (B_1), количество листьев или хвои (B_2), площадь листьев (B_3) и их сухой вес (B_4) на годичных отрезках боковых побегов, а также радиальный годичный прирост дерева (B_5). В балл определяется как отношение результатов, полученных при проведении опытов, к контрольным данным для определенного вида, умноженное на 10. Как и в случае визуальной оценки, все показатели суммируются. Для здоровых насаждений C_B каждого вида равен 50.

Методы, связанные с анатомическими и биофизическими способами оценки состояния древесных насаждений, определяют физиологическое состояние и активность растения. Для этого определяется количество устьиц ($Y_ч$) на 1 мм² поверхности листа, процента открытых устьиц ($Y_о$), изменение электрической емкости тканей ствола (ЭЕТ) и состояние фотосинтетического аппарата по замедленной флуоресценции (ЗФ). Баллы по каждому параметру и суммарный средний показатель состояния деревьев рассчитываются, как при биометрическом методе. Здоровые деревья, не испытывающие неблагоприятного воздействия окружающей среды, оцениваются в 40 баллов.

В результате применения всех трех методов здоровые насаждения, не проявляющие признаки ослабления или усыхания, оцениваются в 130 баллов, уменьшении данного балла отражает ослабление древесных насаждений.

Как утверждает В.С. Николаевским применение системы повышает точность и достоверность экологической оценки, а также позволяет работать с ограниченными по размеру выборками данных (например, охватывает 10-25 модельных деревьев при визуальной оценке). Однако сама методика достаточно трудоемка (биометрические и анатомические методы подразумевают проведение исследований в лабораториях) (Материалы оценки..., 2020; Николаевский, 1999).

2.3.2 Анатомические методы оценки состояния деревьев

При воздействии неблагоприятных факторов антропогенной среды у растений наблюдается изменение физиологических процессов. Johnstone et al. (2012) определил, что «жизнеспособность деревьев можно определить по отношению к стрессу, которому растение подверглось; деревья с низкой жизнеспособностью не реагируют на обработку и лечение, направленные на облегчение физиологического стресса, в то время как деревья с высокой жизнеспособностью будут положительно реагировать на лечение».

Среди физиологических измерений (измерения электрического сопротивления камбия на высоте груди (Martinez-Trinidad et al., 2010), концентраций элементов (азота, фосфора, серы и др.) и антиоксидантов в листьях растений (Johnstone et al., 2013) и т.д.), используемых в качестве индикаторов воздействия стрессовых факторов на растения и их жизнеспособность, видное место занимает измерение эффективности фотосинтеза, путем определения флуоресценции хлорофилла и газообмена.

Флуоресценция хлорофилла является одним из наиболее чувствительных показателей стресса окружающей среды у растений. Наиболее часто используемым измерением флуоресценции хлорофилла является соотношение F_V/F_M , где F_V – разница между максимальной (F_M) и минимальной (F_0) флуоресценцией. Снижение параметра флуоресценции хлорофилла указывает на фотоингибирующее повреждение. Значения F_V/F_M могут значительно снижаться при повреждении солью и гербицидами, а также при засухе. Для здоровых, не подверженных стрессу деревьев значения 0,78 - 0,85 (Johnstone et al., 2013; Callow et al., 2018).

Среди многих исследований метод был успешно использован для оценки последствий засухи (Ögren, 1990) и изучения влияния пониженных температур на деревья (Repo et al., 2005). W. Adams et al. (1990) изучали фотосинтетическую способность листьев *Platanus occidentalis*. D. Johnstone et al. (2012) изучали связь между состоянием кроны и флуоресценцией хлорофилла *Eucalyptus saligna*. В работе D. Callow et al. (2018) рассматривается подверженность язв (*Ulmus × hollandica* и *Ulmus procera*) засухе в городских условиях. P. Sepulveda и D. Johnstone (2018) сравнивали флуоресценцию коры и листьев различных уличных и парковых деревьев (*Ficus macrophyll*, *Platanus × acerifolia* и *Ulmus parvifolia*) с предрассветным водным потенциалом.

Несмотря на преимущества флуоресценции хлорофилла как показателя жизнеспособности деревьев, у него есть и недостатки. Для измерений флуоресценции хлорофилла в основном используют листовой материал (определение показателей флуоресценции хлорофилла в коре используется редко), что исключает возможность круглогодичной оценки лиственных деревьев и может спутать жизнеспособность дерева со здоровьем отдельных листьев. Кроме того собрать материал с верхней части кроны высоких деревьев крайне сложно. К тому же проверка применения метода для использования на объектах озеленения не всегда была успешной. Флуоресценция хлорофилла листьев была безуспешной в оценке жизнеспособности *Quercus virginiana* по сравнению с визуальным методом оценки, описанным в главе 2.3.1 (Martinez-Trinidad et al., 2010).

Другим распространенным способом измерения эффективности фотосинтеза является измерение газообмена CO_2 . Поступление углекислого газа и выделение воды происходит через устьица; поэтому эти измерения обычно включают оценку ассимиляции CO_2 , устьичной проводимости и транспирации. Измерения газообмена могут быть выполнены с помощью инфракрасного газоанализатора (IRGA). Сложность и стоимость IRGA приводят к тому, что он используется для исследований, а не для мониторинга жизнеспособности деревьев в натуральных обследованиях (Johnstone et al., 2013).

2.3.3 Изучение физиологических процессов (прибор «TreeTalker»)

R. Valentini et al (2019) разработали многофункциональное устройство «TreeTalker» (ТТ), основанное на системе IoT (Internet of Things – сеть физических объектов, оснащенных встроенными технологиями для взаимосвязи и взаимодействия друг с другом или внешней средой (Румянцев, Фролова, 2020)). Технология ТТ позволяет непрерывно измерять физиологические переменные деревьев, определять устойчивость деревьев, а также выявлять повреждения деревьев благодаря одновременному наблюдению свойств кроны и функциональности дерева (Цуварева, 2021).

Прибор, состоящий из микроконтроллера с процессорным чипом ATmega 328, заключенного в корпус, и ряда датчиков (спектрометр, гироскопический датчик, инфракрасный датчик расстояния, датчики температуры и влажности ксилемы и температуры и влажности воздуха), крепится на стволе дерева ремнями (рисунок 5).



Рисунок 5. Устройство «TreeTalker»

В процессе работы ТТ измеряет следующие параметры:

1. Интенсивность сокотечения (в древесину ствола на расстоянии 10 см вдоль вертикальной оси дерева вставляют два зонда 20 мм длиной. Верхний датчик является одновременно и тепловым элементом, нижний дополнительно оснащен емкостным датчиком для определения влажности древесины)
2. Температура и влажность древесины (п. 1)
3. Мультиспектральные характеристики солнечного света, проходящие через крону (по 12 спектрам от видимого до инфракрасного)
4. Радиальный прирост ствола (ИК датчик расстояния. Устанавливается в просверленное отверстие глубиной 3 см с цилиндрическим стержнем из углеродного волокна в той части ксилемы, которая уже не растет. В процессе роста дерева расстояние между корой и датчиком будет уменьшаться)
5. Возможность мониторинга наклона корневой пластины с точностью $\pm 0,01^\circ$, при помощи акселерометр, установленного для предоставления данных об изменениях положения устройства во времени и пространстве на стволе)
6. Температура и влажность воздуха (термогигрометр) (Valentini et al, 2019).

Кроме того, по полученным данным можно рассчитать вегетационные индексы (по значениям интенсивности рассеянного света в различных диапазонах), точку росы и дефицит давления паров воды, а с данными о запасах почвенной влаги можно определить и объем ирригации (используя интенсивность сокотечения) (Цуварева, 2021).

С 2018 года технология «TreeTalker» тестируется на участках с различными характеристиками (тип климата, экспозиция склона, характер растительности, видовой состав, возрастной состав и густота насаждений и т.п.) на территории Италии и России. Участок в Италии (Piegara forest: 42°57'49" с.ш., 12°3'31" в.д) находится в смешанном лесу с участием *Pseudotsuga menziesii*, *Pinus sylvestris* и *Quercus petraea*. В России исследования проводились в 2018 году на территории Московской сельскохозяйственной академии им. Тимирязева (приборы были установлены на 13 деревьях (*Tilia cordata*)) (Valentini et al, 2019). К 2020 приборы были установлены на территории кампуса РУДН, на Болотной площади в Ботаническом Саду МГУ им. Ломоносова «Аптекарьский огород» и в других местах (URL: <https://www.rudn.ru/media/news/nauka>).

В 2020 г. в Санкт-Петербурге исследования проводились Н.А. Цуварёвой (2021) (в рамках подготовки диссертации). Приборы были установлены на 10 деревьях (2 – *Quercus robur* и 8 – *Tilia cordata*) на территории парка «Летний сад» (Центральный район) и дендрария Ботанического сада СПбГЛТУ им. С. М. Кирова.

2.3.4 Определение жизненного состояния по наличию внутренних повреждений

В городской среде особое внимание следует уделять ослабленным и больным деревьям. Повреждения (трещины в стволе, повреждения корней и т.п.), развитие болезней (раковые образования, гниль) и нарушение архитектуры дерева (сильный наклон, V-образные развилки ствола, крупные водяные побеги, хрупкая древесина и т.п.) приводят к снижению устойчивости деревьев и провоцируют его падение, что влечет за собой нанесение материального и физического ущерба. Особую группу аварийных деревьев составляют сухостойные деревья и сухие ветви, так как предсказать их падение невозможно (Ермохин, 2015).

Для определения аварийных деревьев специалисты используют следующие методы: визуальный осмотр дерева (наличие повреждений и болезней, определение угла наклона и т.п.), ретроспективный метод (наличие предыдущих случаев падения деревьев и ветровой особенности в районе исследования) и инструментальный (методы резистографии и акустической томографии). Применение последнего метода самое эффективное при выявлении аварийных деревьев, так как напрямую определяет внутреннее состояние и

структуру древесины, в то время как визуальный осмотр не позволяет с высокой точностью оценить степень развития гнили (Авраменко, 2020; Корниенко, 2018).

Прибор «Resistograph» (рисунок 6) от компании «Rinntech» (Германия) позволяет выявить наличие и границы распространения гнили в стволе деревьев. Принцип действия прибора заключается в просверливании дерева тонким сверлом из специальной эластичной стали диаметром до 3 мм и длиной 45-50 см, в это же время специальные датчики регистрируют плотность древесины (сопротивление пробуриванию), значения которой отражаются на резистограмме (ось X – расстояние, пройденное сверлом; ось Y – величина плотности древесины). На участках, затронутых гнилью, плотность древесины будет меньше, чем на здоровых участках. Обработка результатов в компьютерной программе DECOM позволяет подсчитать процент участков с разной плотностью древесины, а также промаркировать их соответствующим цветом: участки здоровой древесины маркируются зеленым цветом, участки с ранней стадией развития гнили – желтым, с сильно развитой гнилью – красным. Анализ резистограммы позволяет оценить жизнестойкость дерева и спрогнозировать дальнейшее распространение стволовой гнили (Авраменко, 2020; Пальчиков, 2016).



Рисунок 6. Процесс обследования дерева прибором «Resistograph» (URL: <https://rosdrevo.ru/news/2014-04-09/>)

С теми же целями применяется импульсный томограф «Arbotom» (компания «Rinntech», Германия), принцип действия которого основан не на просверливании, а на скорости прохождения звуковых импульсов по древесине с помощью последовательно соединенных 2-24 датчиков, закрепленных по окружности ствола (рисунок 7). В процессе обследования по ударному штифту каждого датчика поочередно наносят легкие удары специальным молотком, фиксируя при этом поступающие импульсы. Полученные данные отражаются в виде плоскостной модели – томограммы, где участки с низкой скоростью прохождения звука отражают развитие гнили, а участки с высокой скоростью – ее отсутствие. Как и в случае «Resistograph» участки с разной скоростью прохождения звука окрашиваются разными цветами (Пальчиков, 2016).



Рисунок 7. Процесс обследования дерева прибором «Arbotom»

Использование таких приборов позволяет с высокой точностью оценить состояние деревьев и их аварийность, однако применение таких приборов оправдано только для особо ценных деревьев, а для зеленых насаждений в целом – нецелесообразно.

2.3.5 Дистанционные методы исследования

Большие по площади городские пространства и нехватка кадров ограничивает объем обследованных территорий с помощью полевых исследований. Технологический прогресс дал возможность получать данные с помощью методов дистанционного

зондирования. Они позволяют не только охватить большую площадь, но и получать постоянный поток качественной и количественной информации (Цуварева, 2021).

Для получения аэрофотоснимков в пределах города удобнее использовать беспилотные летательные аппараты (БПЛА). Превосходство дронов над воздушными судами заключается в снижении стоимости работы, простоте эксплуатации и обслуживании, экологичности (использование электрического двигателя), возможности проведения оперативной съемки с близкого расстояния (100-1000 м) и высоким разрешением, проведения съемки под углом к горизонту и создание панорамных снимков. По полученным снимкам можно охарактеризовать как всю территории (площадь объекта озеленения, присутствие повреждений на объекте, выделение функциональных зон, наличие усыхающих деревьев и кустарников и сухостоев, густота насаждений и т.п.), так и отдельные параметры элементов растительности (видовой состав, полнота и сомкнутость кроны, расстояние между деревьями, высоту ствола, примерный возраст и т.д.)

Однако широкое применение этого метода для оценки состояния ЗН в России возможно только при снижении стоимости БПЛА, появлении на рынке аппаратов с большей грузоподъемностью, дополнительным оборудованием и программным обеспечением, способных использовать собранную информацию, а также внесение поправок в законодательство страны по использованию беспилотных аппаратов в воздушном пространстве (Ковязин и др., 2016).

Датчики LiDAR (Light Detection and Ranging) позволяют получить одномерные, двухмерные и трехмерные переменные древесных растений в естественных лесных массивах и лесопосадках, а также в городских лесах. Принцип действия LiDAR основан на генерировании трехмерных облаков точек (рисунок 8), где каждая точка несет определенную информацию (Morgenroth, Östberg, 2017).

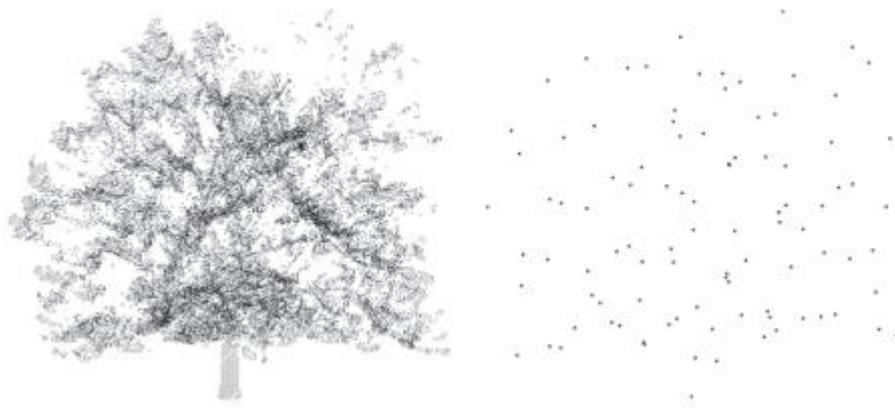


Рисунок 8. Облако точек *Fraxinus* spp., созданное с помощью наземного лазерного сканера (слева) и воздушного лазерного сканера (справа) (Morgenroth, Östberg, 2017)

Характеристики, полученные с помощью LiDAR, можно разделить на три основные группы: геометрические, радиометрические и полноволновые. Геометрические параметры описывают структуру облака точек, представляющую объект (или его часть) в трехмерном пространстве (например, форму кроны). Радиометрические параметры связаны с интенсивностью и типом отражения сигнала. Интенсивность обратно рассеянного сигнала связана с типом листвы, размером, ориентацией и плотностью листвы. К полноволновым параметрам (Full-Waveform Metrics), относятся характеристики, извлеченные из разложения полной формы волны (например, длина волны связана с максимальной высотой дерева). Сочетание геометрических, радиометрических полноволновых признаков обеспечивает более высокую точность определения видов деревьев (Michalowska, Rapinski, 2021).

Преимуществом датчиков LiDAR является возможность использования как для воздушной с использованием самолета или БПЛА, так и для наземной съемки на треноге или автомобиле. При проведении съемки с воздуха можно измерить только основные структурные переменные деревьев (высота деревьев, диаметр кроны, глубина и тип кроны), в то время как наземное сканирование позволяет определить диаметр ствола на уровне груди, с точностью сравнимой с полевыми измерениями. Поэтому воздушное сканирование подойдет для инвентаризации городских лесов. В сочетании с гиперспектральными снимками можно очень точно очертить древесные насаждения и другие элементы объектов озеленения (Погорелов, Брусило, Гранин, 2018), определить их виды (Morgenroth, Östberg, 2017), оценить площади листовой поверхности (Degerickx et al., 2018) и биомассу городской растительности (Ya Zhang & Zhenfeng Shao, 2021).

Широкое применение датчиков LiDAR в городских условиях пока затруднительно, как отмечают J. Morgenroth и J. Östberg, 2017 (2017) этому способствует сложность городских районов, пространственная неоднородность городских лесов, высокая стоимость работы, технически сложный анализ данных.

2.3.6 Web-GIS

Применение геоинформационных систем (ГИС) позволяет собирать, хранить, отражать и анализировать пространственные и географические данные. Это полезный инструмент в планировании землепользования, природоохранной деятельности, городской инфраструктуры, создании и размещении объектов озеленения, а также в инвентаризации городских растений и предоставления данных о их состоянии. Разновидностью ГИС является Web-GIS, представляющий картографический веб-сервис в сети Интернет с предоставлением данных для пользователей и возможностью редактирования. Примером может служить система «Countree» (рисунок 9) разработанная в Красноярске 2018 г организацией «Живой город», на основе опыта Нью-Йорка (URL: <https://opendata.cityofnewyork.us>) (Цуварева, 2021; Popov et al., 2021).

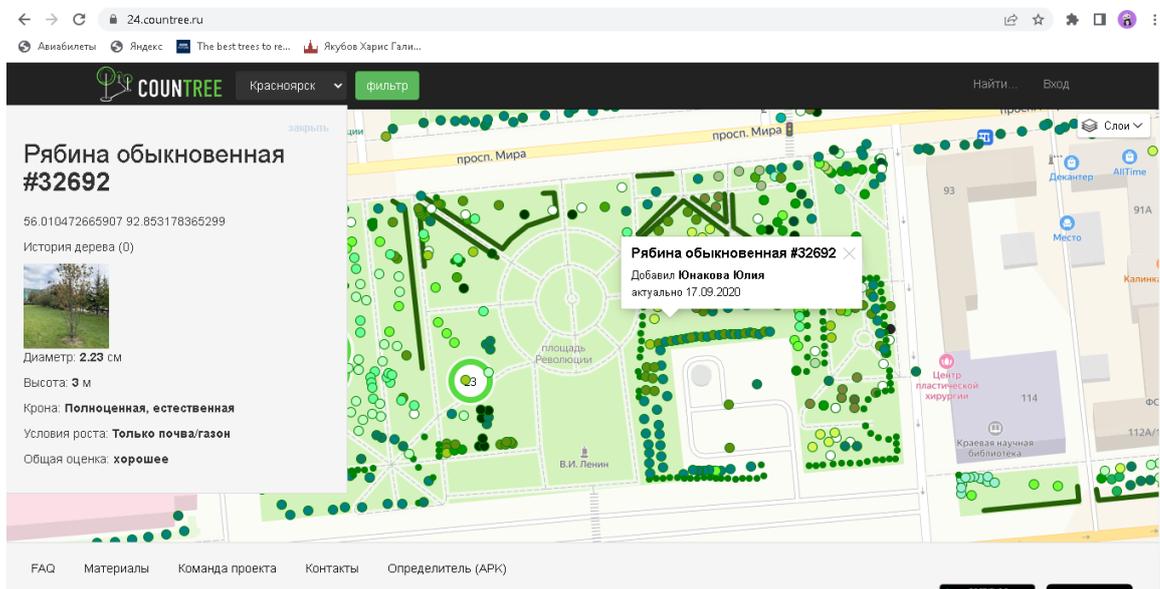


Рисунок 9. Система WebGIS «Countree» (г. Красноярск) (URL: <https://24.countree.ru>)

«Countree» не способна анализировать данные и используется в первую очередь для инвентаризации городских насаждений. Однако данный проект может быть применён для отслеживания информации о состоянии деревьев по видам и условиям их

произрастания (в описании к дереву отмечается вид, координаты, высота, диаметр, характер кроны, условия роста, общая оценка (визуально), прикладываются фотографии). Как отмечают А.А. Роров et al. (2021) в дальнейшем система «позволит отображать графики с различными экологическими показателями, что позволит анализировать текущую экологическую ситуацию в городе в режиме реального времени и своевременно организовать мероприятия по ее улучшению».

Глава 3. Материалы и методы

Объектами исследования выбраны территории зеленых насаждений общего пользования (ЗНОП) городского и местного значения. В работе были использованы собственные материалы, полученные в ходе летней производственной практики в июле – августе 2021 года на территории Кировского района (51 ЗНОП: 16 ЗНОП городского значения и 35 о ЗНОП местного значения) (рисунок 10), а также базы данных о состоянии зеленых насаждений общего пользования городского и местного значения на территории Санкт-Петербурга за 2020 и 2021 гг., выполненные сотрудниками ООО «СЗЦ «Экологическая Лаборатория».

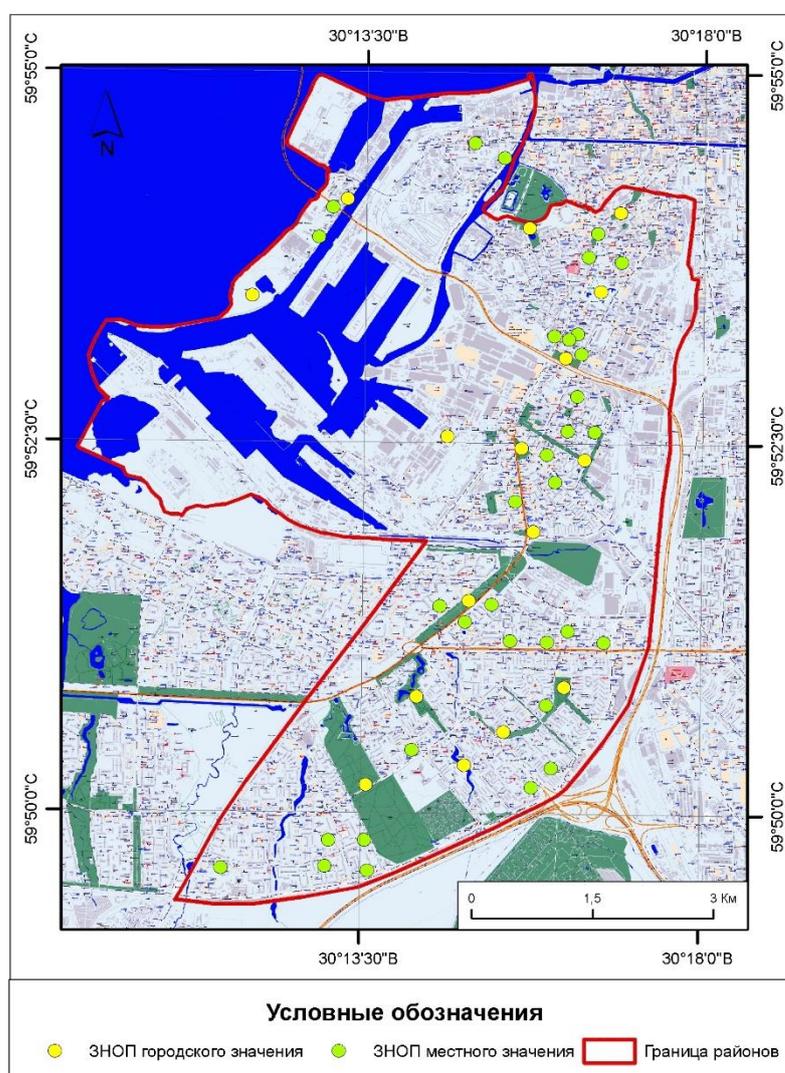


Рисунок 10. Карта-схема исследуемых объектов в Кировском районе

Оценка экологического состояния зеленых насаждений общего пользования на территории Санкт-Петербурга проводилась по обновленной Методике оценки экологического состояния зеленых насаждений Санкт-Петербурга, разработанной ООО «Северо-Западный Центр «Экологическая лаборатория» (утверждено распоряжениями Комитета от 03.02.2021 № 17-р и № 18-р).

Обследование проводилось в четыре этапа:

- подготовительный этап (выбор объектов обследования, сбор и предварительный анализ имеющихся данных об объектах);
- натурное обследование объектов (изучение всех элементов растительности на объекте ЗН: деревьев, кустарников, газонов и цветников);
- камеральная обработка данных (внесение собранных данных в единую базу данных);
- аналитическая работа с результатами обследования (расчет интегральных показателей, отражающих жизнеспособность всех компонентов зеленых насаждений).

В ходе натуральных обследований проводилось описание объектов в целом и заполнялась Форма 1 (Приложение 1), в которой указывались название и адрес объекта, вид территории зеленых насаждений, административный район Санкт-Петербурга, характеристика рельефа и увлажнения почвы, количество, размер и форма пробных площадей, наличие и краткая характеристика водных объектов, общая характеристика газонов и цветников (при наличии), дата проведения обследования и фамилия и инициалы исполнителей.

При проведении описания объекта озеленения указывался преобладающий элемент растительности (совокупность деревьев, совокупность кустарников, совокупность травянистых растений (газон, луговые участки), совокупность цветников), на основе которого определялась группа и подгруппа зеленых насаждений.

Отнесение объекта к группе и подгруппе осуществлялось по следующим критериям (таблица 1): размер объекта (>25 га – крупные парки, 10-25 га – небольшие парки, 3-10 га – большие скверы, 1-3 га – средние скверы, 0,041-1 га – малые скверы и <0,04 га – малые формы озеленения), характер растительности, транзитная нагрузка, доля площади искусственных покрытий (асфальтовых, бетонных, резиновых, отсыпки гранитной крошкой и т.п.)

Таблица 1. Группы и подгруппы ЗН с преобладающими рекреационной и специализированными функциями (Методика оценки..., 2020)

Размер	Транзитная нагрузка	Характер растительности							
		Древостой		Древесные растения группами				Травянистая растительность	
				деревья		кустарники			
		искусств. покрытия ≤ 30% площади	искусств. покрытия > 30% площади	искусств. покрытия ≤ 30% площади	искусств. покрытия > 30% площади	искусств. покрытия ≤ 30% площади	искусств. покрытия > 30% площади	искусств. покрытия ≤ 30% площади	искусств. покрытия > 30% площади
А. Крупные парки	-	1		2а		2б		3	
Б. Небольшие парки	-	4		5а		5б		6	
В. Большие скверы	-	7		8а		8б		9	
Г. Средние скверы	В улично-дор. сети	10а	10б	11а	11б	12а	12б	13а	13б
	Внутри-дворовые	10в	10г	11в	11г	12в	12г	13в	13г
	Проходные дворы	10д	10е	11д	11е	12д	12е	13д	13е
Д. Малые скверы	В улично-дор. сети	14а	14б	15а	15б	16а	16б	17а	17б
	Внутри-дворовые	14в	14г	15в	15г	16в	16г	17в	17г
	Проходные дворы	14д	14е	15д	15е	16д	16е	17д	17е
	Замкнутые дворы	14ж	14з	15ж	15з	16ж	16з	17ж	17з
Е. Малые формы озеленения	В улично-дор. сети	18а*	18б*	18а*	18б*	19а	19б	20а	20б
	Замкнутые дворы	18в*	18г*	18в*	18г*	19в	19г	20в	20г

* - для объектов площадью менее 400м² разделение на древостой и группы деревьев на открытых пространствах не имеет смысла, они отнесены к одинаковым группам и подгруппам ЗН.

Общая характеристика древесных насаждений включала в себя определение видового (в случае трудно определяемых групп указывается род, про возможности – сорт

или группа сортов) и возрастного (определялось глазомерно по классам возраста: до 10 лет, 10-20 лет, 20-40 лет, 40-60 лет и более 60 лет, более 80 лет) состава древостоя, групп деревьев или единичных деревьев. Также учитывалось участие вида в насаждении (единично представлены или множественно) по классу возраста. Для кустарников указывались вид (в случае трудно определяемых групп указывается род, по возможности – сорт или группа сортов), его обилие и характер посадки.

В зависимости от структуры насаждений, разнообразия состава и условий существования растений на объекте закладывалось от 1 до 5 пробных площадей (ПП) площадью 400 м² квадратной, прямоугольной или линейной формы (для объектов площадью меньше 400 м² пробной площадью был весь объект). ПП должна включать не менее 15 деревьев, если преобладающей растительностью являлись деревья, в случае преобладание других элементов растительности (кустарники, травянистая растительность – газоны или луговые травостой) данное ограничение снималось. Выбор расположения и количества пробных площадей на объекте зависел от видового и возрастного состава древесно-кустарниковых насаждений, функциональных зон.

Каждая пробная площадь детально описывалась по следующим категориям (Приложение 2): название и адрес объекта; номер и привязка пробной площади; характеристика рельефа и увлажнения почвы; форма и размеры пробной площади; расстояние ПП от проезжей части и положение относительно проезжей части (выше уровня проезжей части, на уровне или ниже уровня, отдалена от проезжей части); наличие и название водных объектов, расположенных вблизи ПП, и расстояние ПП до данного объекта; преобладающий элемент растительности. Отнесение пробной площади к группе и подгруппе проводилось по тому же принципу, как для зеленых насаждений (таблица 1). В целом ПП соответствует группе и подгруппе, определенной для всего объекта, однако может отличаться при выделении разных функциональных зон.

На пробных площадях выполнялось подробное описание элементов растительности (деревьев, кустарников, газона и цветников (при наличии)) (приложение 2), а также определение их категорий состояния.

Категория состояния для деревьев представляла 6-бальную систему, которая позволяла более точно фиксировать данные о динамике состояния древесных насаждений за счет разделения группы усыхающих деревьев на три категории (4-6 категории). Такая система подходит для оценки состояния древесных насаждений как отдельного элемента ЗН, однако при оценки состояния всего объекта или отдельной пробной площади (расчет

коэффициента комплексной экологической оценки) древесные растения, имеющие значение состояния 1-6, группируются в 3: 1 – хорошее состояние (1 категория), 2 – удовлетворительное состояние (2 и 3 категории) и 3 – неудовлетворительное состояние (4-6 категории).

Категория состояния деревьев:

1 – без признаков ослабления (хвоя и листва зеленые, нормальных размеров, крона густая, прирост текущего года нормальный для данного вида, возраста, сезонного периода и условий произрастания деревьев, отсутствуют или единичны повреждения вредителями и поражение болезнями. Структура ветвей соответствует нормальной для данных вида, возраста и условия произрастания. Мертвые или отмирающие ветви могут присутствовать в нижней части кроны, а в верхней части они единичны или отсутствуют. Для деревьев с обрезкой или формовкой кроны: искусственные повреждения не сопровождаются ослаблением дерева и заселением болезней и вредителей (на следующий год после обрезки или позднее)

2 – ослабленные (хвоя и листва светлее обычного, слабоажурная крона, прирост ослаблен по сравнению с нормальным, в кроне присутствуют сухие ветви (менее 25%). Есть незначительные признаки местного повреждения ствола, ветвей, механические повреждения. В незначительном количестве в верхней части кроны присутствуют мертвые или усыхающие ветви. Для деревьев с обрезкой или формовкой кроны: обрезка текущего года; обрезка предыдущих лет, вызвавшая ослабление растения и занесение болезней или вредителей)

3 – сильно ослабленные (хвоя светло-зеленая или сероватая, листва светлее обычной или мельче, изреженная крона, доля сухих ветвей в кроне 25 – 50%. Имеются признаки повреждения болезнями и вредителями ствола, ветвей, листвы и хвои, корневых лап. Заметна асимметрия кроны. Мертвые и усыхающие ветви расположены преимущественно в верхней части кроны. Для деревьев с обрезкой или формовкой кроны: глубокая обрезка текущего года (кроме санитарной), заметные нарушения в формировании кроны и листвы в результате обрезки прошлых лет, развитие болезней и вредителей)

4 – усыхающие (листва мельче, светлее или желтее обычной, хвоя серая или желтоватая, часто преждевременно опадает или усыхает, сильно изреженная крона, доля сухих ветвей в кроне составляет больше 50%, имеются признаки заселения стволовыми вредителями на ветвях и стволе. Могут присутствовать плодовые тела грибов. Для деревьев

с обрезкой или формовкой кроны: неспособность сформировать вторичную крону после обрезки прошлых лет, активное развитие болезней и вредителей)

5 – сухостой текущего года (листва усохла, увяла или преждевременно опала, хвоя серая, желтая или бурая, крона усохла, однако мелкие веточки и кора сохранились. Имеются признаки заселения стволовыми вредителями или их вылетные отверстия на стволе и ветвях)

6 – сухостой прошлых лет (листва и хвоя осыпались или сохранились лишь частично, кора разрушена или опала на большей части ствола, мелкие веточки и часть ветвей опали. Имеются вылетные отверстия насекомых на стволе и ветвях. Под корой имеется буровая мука и грибница древоразрушающих грибов) (Алексеев, 1989; Распоряжение Комитета по Благоустройству Правительства Санкт-Петербурга от 22.01.2014 № 5-р (ред. от 14.10.2019) «Об утверждении порядка проведения обследования зеленых насаждений, по результатам которого производятся санитарные рубки (в том числе удаление аварийных, больных деревьев и кустарников)»)

Категория состояния кустарников:

1 – хорошее состояние (кустарники внешне здоровые, густо облиственные, с характерными для данного растения окраской и размерами листьев и структурой ветвей. Признаки заболеваний и вредителей отсутствуют или встречаются единично. Механические повреждения отсутствуют)

2 – удовлетворительное состояние (кустарники с признаками замедленного роста, с изреженной кроной или измененной формы кроной. Есть усыхающие ветви. Присутствует слабое (до 20%) или среднее (20-50%) повреждения листьев и побегов болезнями и вредителями)

3 – неудовлетворительное состояние (заметно ослабленные или переросшие кустарники, с измельченной листвой, изреженной кроной. Доля сухих ветвей составляет более 50%. Явно выражены признаки поражения листьев, ветвей и стволиков болезнями и вредителями)

Категория состояния газонов:

1 – хорошее состояние (травостой густой, зеленый, однородный по составу злаков, регулярная стрижка (проводится в соответствии с нормами), тропиночная сеть не выражена)

2 – удовлетворительное состояние (травостой зеленый, но с заметной примесью сорных растений, неровный по высоте из-за нерегулярной или неправильно проводимой стрижки, доля троп не превышает 20%)

3 – неудовлетворительное состояние (травостой метами нарушен, изрежен, желтоватый по цвету, растения не однородны по высоте из-за нерегулярной стрижки, доля троп превышает 20%)

Категория состояния цветников:

1 – хорошее состояние (растения хорошо развиты и декоративны, сорные растения отсутствуют или встречаются единично, почва рыхлая и влажная)

2 – удовлетворительное состояние (растения нормально развиты, есть незначительный отпад или сорные растения (не более 10% площади цветника), почва слежавшаяся и сухая)

3 – неудовлетворительное состояние (растения слабо развиты, более 10% усохло или усыхает, сорные растения занимают более 10% площади цветника, почва плотная и сухая) (Методика оценки..., 2020).

На основе собранных данных составлялась единая база данных в программе Microsoft Office Excel.

Для интегральной оценки состояния зеленых насаждений в целом и на отдельных пробных площадях применяется коэффициент комплексной экологической оценки (далее ККЭО). Коэффициент складывается из баллов состояния всех элементов растительности (деревьев, кустарников, газонов и цветников) с поправкой на их значимость (Федорова, 2009; Методика оценки..., 2007; Методика оценки..., 2020).

В качестве балла состояния (БС) использовалась оценка состояния элементов растительности (кустарников, газона и цветников) («Категория состояния»), определенная в ходе натурных обследований. Для деревьев использовалась 3-балльная система, описанная раньше.

Общая оценка состояния древесной и кустарниковой растительности определяется как среднее арифметическое баллов состояния для каждого дерева или кустарника. Для таких элементов растительности, как газоны и цветники применяется следующее правило: если для объекта ЗН выполнено описание нескольких ПП, то балл состояния может быть вычислен как среднее арифметическое.

Формула расчета коэффициента комплексной экологической оценки (4) представляет собой сумму произведений баллов состояния на поправочные коэффициенты, разделенную на сумму значений поправочных коэффициентов всех элементов растительности. Значения поправочных коэффициентов элементов растительности приведены в таблице 2 (Приложение 3).

$$ККЭО = \frac{БСд \times ПКд + БСк \times ПКк + БСг \times ПКг + БСц \times ПКц}{ПКд + ПКк + ПКг + ПКц}$$

(4)

где, БСд – балл состояния деревьев;

БСк – балл состояния кустарников;

БСг – балл состояния газона;

БСц – балл состояния цветников;

ПКд – поправочный коэффициент для деревьев;

ПКк – поправочный коэффициент для кустарников;

ПКг – поправочный коэффициент для газона;

ПКц – поправочный коэффициент для цветников.

Глава 4. Результаты и обсуждения

С 2020 года сотрудниками ООО «СЗЦ «Экологическая Лаборатория» проводится апробация обновленной Методики оценки состояния зеленых насаждений Санкт-Петербурга (предположительный период проведения апробации составляет 5 лет). Методика была разработана для зеленых насаждений общего пользования городского и местного значения, зеленых насаждений ограниченного пользования (территории муниципальных учреждений (детских садов и яслей, школ, спортивных комплексов, учебных заведений) и промышленных предприятий) и зеленых насаждений, выполняющих специальные функции (уличное озеленение), однако возможно применение методики для иных типов озеленения (кроме водоохранных зон, санитарно-защитных зон и особо охраняемых природных территорий), с обязательным применением поправок, соответствующих особенностям объектов исследования.

Проведение оценки состояния зеленых насаждений (ЗН) позволяет получать и анализировать объективные данные о состоянии отдельных элементов растительности (деревьев, кустарников, газонов и цветников) и объектов озеленения в целом, выявлять кризисные экологические ситуации в ЗН, использовать полученные данные в целях подбора технологий ухода за объектами ЗН и информирования городских организаций и населения (Методика оценки..., 2020).

Методика предполагает выборочную оценку состояния зеленых насаждений. Выбор объектов, их количество и размещение может определяться путем случайной выборки или соответствовать целям и задачам намечаемой работы (например, оценка состояния определенных типов зеленых насаждений или древесных насаждений определенного вида). Однако, следует учитывать, что наиболее объективные результаты дают не только большие рандомизированные выборки, но и больший объем выборки. Применение методики для мониторинговых исследований допустимо, при условии проведения обследований на постоянных пробных площадях.

В 2020 и 2021 гг. на территории Санкт-Петербурга сотрудниками ООО «СЗЦ «Экологическая Лаборатория» были обследованы 1093 (зеленые насаждения ограниченного пользования и уличного озеленения, зеленые насаждения общего пользования городского и местного значения) и 140 (зеленые насаждения общего пользования (ЗНОП) городского и местного значения) объектов озеленения и заложено

1206 и 276 пробных площадей (ПП) соответственно. В 2021 году исследования не проводились в Курортном и Кронштадтском районах.

Личные исследования проводились на территории Кировского района. Оценка состояния зеленых насаждений общего пользования на территории Санкт-Петербурга в 2021 году, представленная ниже, проводилась по 167 объектам и 324 ПП (данные ООО «СЗЦ «Эко Лаб» и личные обследования).

Обновленная методика является универсальной для получения актуальных данных об объектах озеленения в городе, так как учитывает видовой и возрастной состав насаждений, оценку состояния отдельных элементов растительности и т.п. В соответствии с целью дипломной работы применение методики было осуществлено на примере оценки экологического состояния административного района Санкт-Петербурга (Кировского района) и всего города.

4.1 Оценка состояния зеленых насаждений Кировского района.

Для обновленной методики был разработан перечень групп и подгрупп зеленых насаждений (глава 3). Отнесение всего объекта к группе и подгруппе было необходимо для разработки нормативов качества ЗН с учетом видового состава, размера и метоположения объекта, разной степени рекреационной нагрузки. Более того, на основе перечня групп и подгрупп ЗН можно выявить структуру зеленых насаждений общего пользования по следующим признакам: преобладающая площадь объектов (крупные и небольшие парки, большие, средние и малые скверы, малые формы озеленения) и преобладающая растительность (древостой, группы деревьев и кустарников, травянистая растительность).

При изучении Кировского района в 2020 и 2021 гг. было изучено в общей сложности 100 объектов (таблица 2): 5 парков, 93 сквера и 1 объект малой формы озеленения (сквер на ул. Маршала Говорова южнее д.32; код по перечню 5198). Среди представленных объектов преобладают группы (и подгруппы) 15 а, б, в, г, д, е, з (малые скверы площадью 0,04-1 га, преобладающей растительностью которых являются группы деревьев) и 14 а, б, в, г, д, е, з (малые скверы площадью 0,04-1 га, преобладающей растительностью которых являются древостой). Из крупных форм озеленения преобладают крупные парки (группа 1).

Таблица 3. Перечень групп и подгрупп зеленых насаждений общего пользования в Кировском районе

	Древостои (1, 4, 7, 10, 14, 18)	Группы деревьев (2а, 5а, 8а, 11, 15, 18)	Группы кустарников (2б, 5б, 8б, 12, 16, 19)	Травянистая растительность (3, 6, 9, 13, 17, 19)
Крупные парки (>25 га) (Группы и подгруппы: 1, 2а, 2б, 3)	2	1	-	-
Небольшие парки (10-25 га) (Группы и подгруппы: 4, 5а, 5б, 6)	-	1	1	-
Большие скверы (3-10 га) (Группы и подгруппы: 7, 8а, 8б, 9)	-	1	-	3
Средние скверы (1-3 га) (Группы и подгруппы: 10, 11, 12, 13: а, б, в, г, д, е)	1	5	1	3
Малые скверы (0,041-1 га) (Группы и подгруппы: 14, 15, 16, 17: а, б, в, г, д, е, ж, з)	12	55	6	6
Малые формы озеленения (<0,04 га) (Группы и подгруппы: 18, 19, 20: а, б, в, г)	-	-	1	-

Для оценки состояния ЗНОП городского и местного значения Кировского района в 2021 г., был изучен 51 объект озеленения (16 объектов городского значения и 35 объектов местного значения) и заложено 87 пробных площадей (прямоугольной или квадратной формы, площадью 400 м² каждая). Для всего объекта определялся видовой состав древесных и кустарниковых насаждений. Возрастной состав древесных насаждений, определение и анализ состояния деревьев, кустарников, газонов и цветников производились по ПП, заложенных на объектах в количестве 1-5.

На исследованных объектах выявлено 55 видов деревьев. В структуре древесных насаждений преобладали клен остролистный (*Acer platanoides*), береза повислая (*Betula pendula*), липа мелколистная (*Tilia cordata*), рябина обыкновенная (*Sorbus aucuparia*), тополь берлинский (*Populus ×berolinensis*) и дуб черешчатый (*Quercus robur*) (рисунок 11).

Такие виды как алыча (*Prunus cerasifera*), липа европейская (*Tilia europaea*), слива (*Prunus spp.*), туя западная (*Thuja occidentalis*) встречались единично.

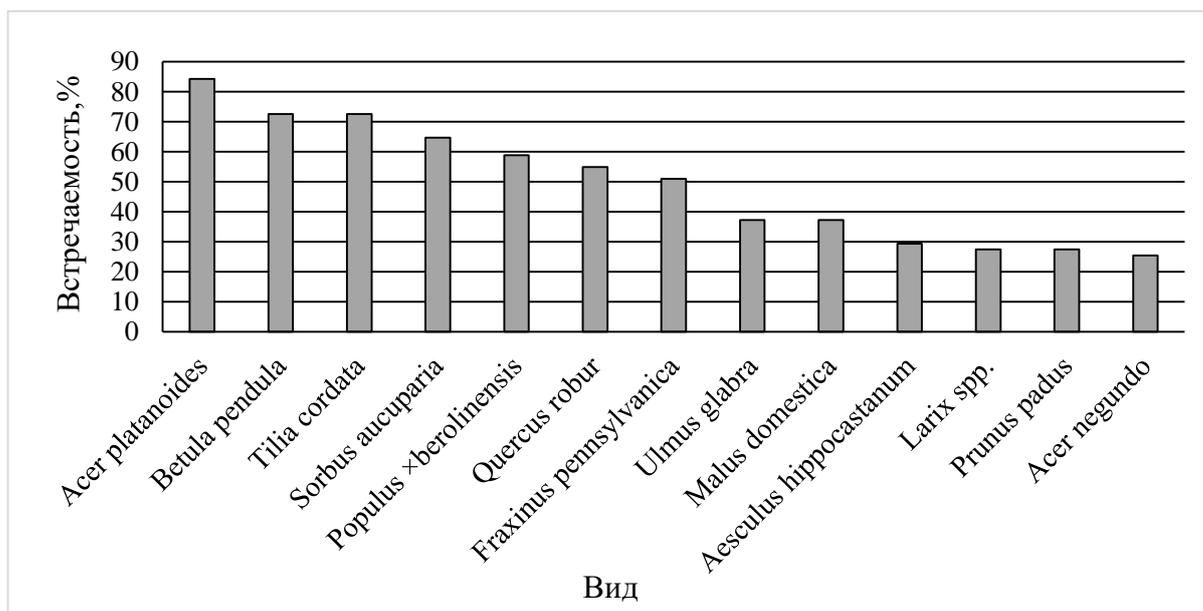


Рисунок 11. Встречаемость наиболее распространенных видов деревьев в Кировском районе

Кустарники были представлены 26 видами, среди которых преобладали сирень обыкновенная (*Syringa vulgaris*), кизильник блестящий (*Cotoneaster lucidus*), карагана древовидная (*Caragana arborescens*), чубушник венечный (*Philadelphus coronarius*), роза (*Rosa spp.*) и снежноягодник белый (*Symphoricarpos albus*) (рисунок 12).

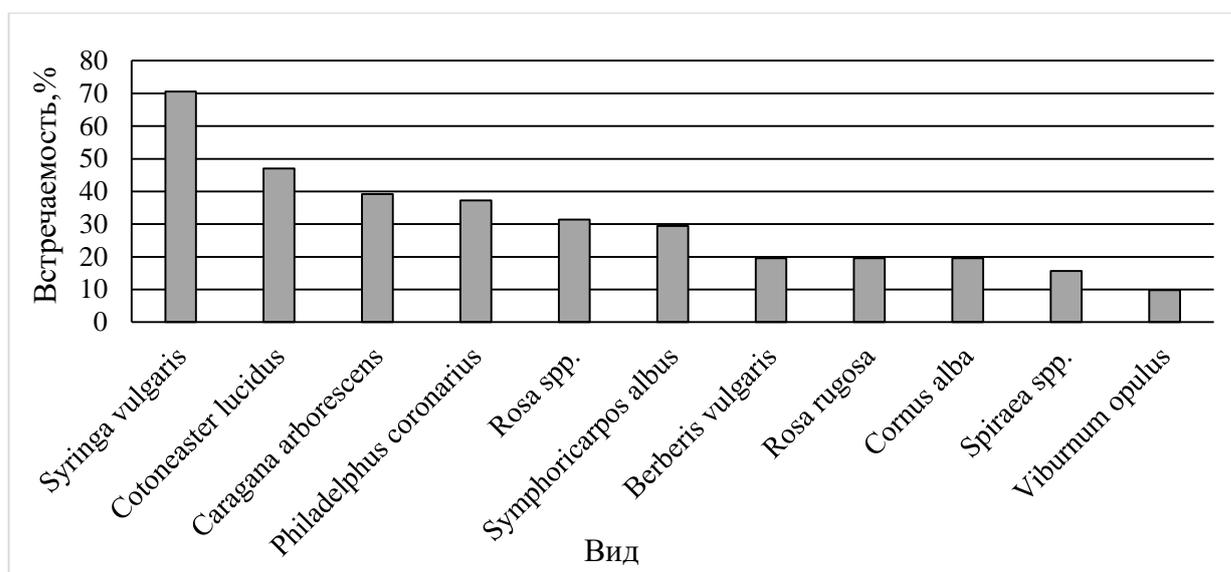


Рисунок 12. Встречаемость наиболее распространенных видов кустарников в Кировском районе

Подробное описание древесных насаждений на пробных площадях сопровождалось отнесением деревьев к классам возраста: до 10 лет; 10-20 лет; 20-40 лет; 40-60 лет и > 60 лет. В Кировском районе (из 1535 обследованных деревьев на 87 ПП) преобладали деревья 3 и 4 категорий (20-30 лет и 40-60 лет). Молодые посадки (меньше 10 лет) составляли лишь 6% от общего количества деревьев, и были представлены посадками конского каштана обыкновенного (*Aesculus hippocastanum*). Небольшой процент занимали старые деревья (больше 60 лет), среди которых *Populus ×berolinensis*, лиственница (*Larix spp.*), сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris*), *Tilia cordata* (рисунок 13).

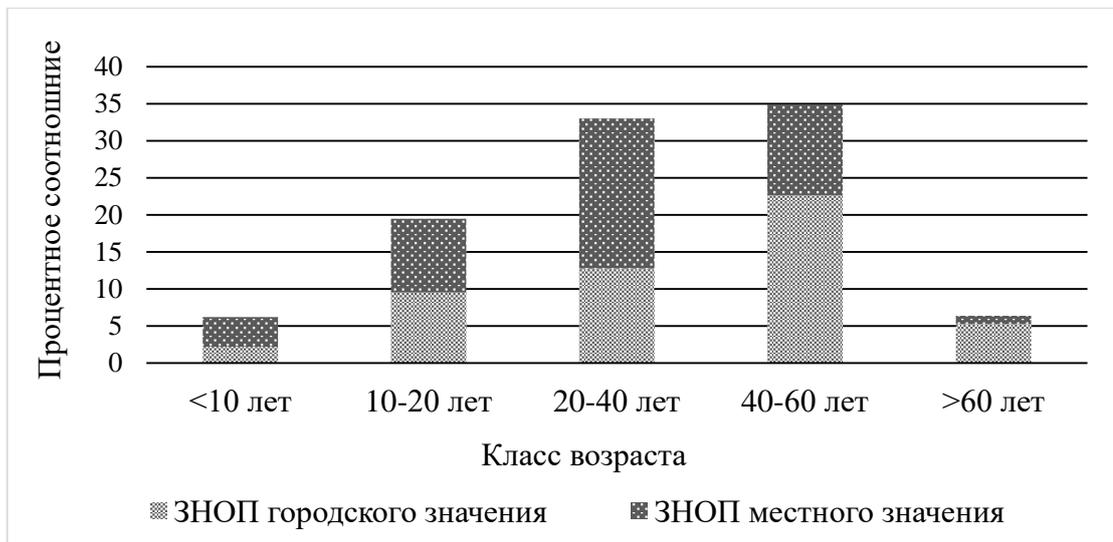


Рисунок 13. Возрастной состав деревьев на объектах ЗНОП городского и местного значения Кировского района

В ходе оценки экологического состояния насаждений на 87 пробных площадях проводилась оценка жизненности деревьев по 6-бальной шкале: 1 – без признаков ослабления, 2 – ослабленное, 3 – сильно ослабленное, 4 – усыхающее, 5 – усохшее в текущем году (сухостой этого года), 6 – сухостой прошлых лет. Из 1535 деревьев 82% без признаков ослабления, усыхающих деревьев – 1%, сухостой (этого года и прошлых лет) составлял 0,7 %. 13% и 3% деревьев находилось в ослабленном и сильно ослабленном состоянии соответственно (рисунок 14).

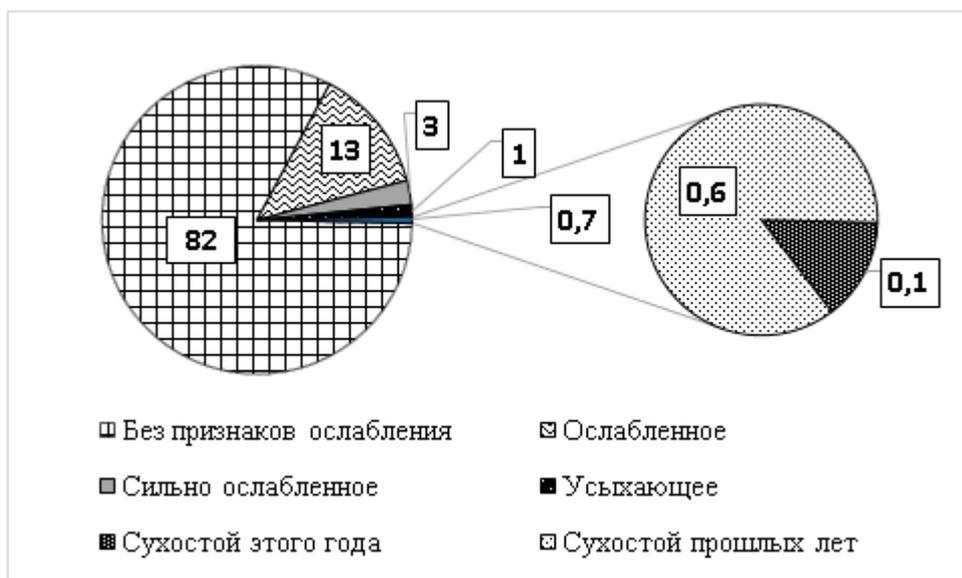


Рисунок 14. Состояние деревьев на ПП в Кировском районе

Состояние кустарников (106 групп кустарников на 87 ПП) оценивалось 3-бальной шкале: 1 – хорошее состояние, 2 – удовлетворительное, 3 – неудовлетворительное состояние. По результатам экологической оценки 86 % кустарников в хорошем состоянии, в удовлетворительном – 12 % и в неудовлетворительном состоянии – 2 % (рисунок 15).



Рисунок 15. Состояние кустарников на ПП в Кировском районе

Оценка состояния газонов на пробных площадях проводилась также по трем категориям: хорошее, удовлетворительное и неудовлетворительное. Из 87 ПП 63% были в хорошем состоянии, в удовлетворительном – 29% и 8% в неудовлетворительном состоянии.

Кировский район не богат цветниками. Только на 10 объектах озеленения (из 51 ЗН) были оборудованы цветочные композиции, представленные в основном небольшими по размеру клумбами с летней коллекцией цветов (в период обследований). Несмотря на небольшое количество, почти все цветники (70%) характеризовались хорошим состоянием, лишь 20% находилось в удовлетворительном состоянии и 10% — в неудовлетворительном.

Интегральной оценкой состояния зеленых насаждений является коэффициент комплексной экологической оценки (ККЭО). ККЭО был рассчитан для 87 пробных площадей (рисунок 16). В 2021 году состояние 71 ПП (82 %) оценивалось как идеальное (ККЭО от 1,00 до 1,49). На этих объектах деревья с незначительной долей усохших ветвей в кроне, без механических повреждений; кустарники в хорошем состоянии, без усохших

ветвей и болезней; травяной покров преимущественно ровный, интенсивно-зеленого цвета. 9 ПП (10 %) имели хорошее состояние (ККЭО от 1,50 до 1,99) и 7 ПП (8 %) имели удовлетворительное состояние (ККЭО от 2,00 до 2,49). Ни на одной пробной площади ККЭО не превышал значения 2,50, в связи с чем не наблюдалось неудовлетворительное состояние ПП в Кировском районе.



Рисунок 16. Состояние пробных площадей (по ККЭО) в Кировском районе

Для решений вопросов связанных с подбором технологий и проведением мероприятий по улучшению состояния зеленых насаждений были разработаны нормативы качества ЗН в соответствии с группой и подгруппой территории и преобладающего типа растительности. Нормативы качества приведены в таблице 4 (Приложение 4). Нормативы качества подразумевают разделение объектов на 2 категории: удовлетворительное состояние (объект не требует действий по улучшению своего состояния, достаточно мероприятий по поддержанию) и неудовлетворительное (объект в целом или в отношении какой-либо функциональной зоны требует мероприятий по улучшению состояния). Объект признается неудовлетворительным, если расчетные показатели ККЭО или балла состояния (БС) больше установленного критического значения (Методика оценки..., 2020).

В 2021 году из 51 объекта 42 объекта соответствуют нормативам качества и 9 объектов не соответствуют нормативам качества: 7 объектов не соответствуют по ККЭО и 2 объекта не соответствуют нормативам по ККЭО и БС (рисунок 17). Объекты, не соответствующие нормативам качества или находящиеся в удовлетворительном состоянии

(по ККЭО), подлежат систематическому наблюдению за выявлением их дальнейшего состояния.



Рисунок 17. Фотография объекта, не соответствующего нормативам качества (код по перечню 15-28-49: сквер западнее д.20 по ул.Зайцева)

Подводя итоги вышесказанному состоянию 51 объекта озеленения городского и местного значения Кировского района, а также отдельных элементов растительности (древесных и кустарниковых насаждений газонов и цветников), оценивалось как хорошее, лишь 1 объект не соответствовал нормативам качества.

4.2 Анализ состояния зеленых насаждений в Санкт-Петербурге

В таблице 5 представлен перечень групп и подгрупп исследованных объектов в 2020 и 2021 гг. и их количество на территории Санкт-Петербурга. Из 1064 обследованных объектов большую часть составляют малые скверы площадью 0,04-1 га, преобладающей растительностью которых являются группы деревьев (группы и подгруппы 15 а, б, в, г, д, е, з). Среди крупных форм озеленения распространены крупные парки с древостоем (1

группа). В целом на территории города преобладающим элементом растительности являются древесные насаждения (древостои и группы деревьев).

Таблица 5. Перечень групп и подгрупп зеленых насаждений общего пользования, обследованных в 2020 и 2021 гг.

	Древостои (1, 4, 7, 10, 14, 18)	Группы деревьев (2а, 5а, 8а, 11, 15, 18)	Группы кустарников (2б, 5б, 8б, 12, 16, 19)	Травянистая растительность (3, 6, 9, 13, 17, 19)
Крупные парки (>25 га) (Группы и подгруппы: 1, 2а, 2б, 3)	52	4	-	8
Небольшие парки (10-25 га) (Группы и подгруппы: 4, 5а, 5б, 6)	10	4	2	3
Большие скверы (3-10 га) (Группы и подгруппы: 7, 8а, 8б, 9)	19	17		12
Средние скверы (1-3 га) (Группы и подгруппы: 10, 11, 12, 13: а, б, в, г, д, е)	40	47	3	17
Малые скверы (0,041-1 га) (Группы и подгруппы: 14, 15, 16, 17: а, б, в, г, д, е, ж, з)	207	384	43	71
Малые формы озеленения (<0,04 га) (Группы и подгруппы: 18, 19, 20: а, б, в, г)	96		13	12

Анализ оценки состояния зеленых насаждений и отдельных элементов растительности, видового состава древесно-кустарниковой растительности и возрастного состава деревьев на территории Санкт-Петербурга (за исключением Курортного и Кронштадтского районов) в 2021 г. проводился по данным 167 объекта озеленения и 324 ПП.

В зеленых насаждениях города широко распространены *Acer platanoides*, *Betula pendula*, *Sorbus aucuparia*, *Quercus robur* и *Fraxinus pennsylvanica* (рисунок 18).

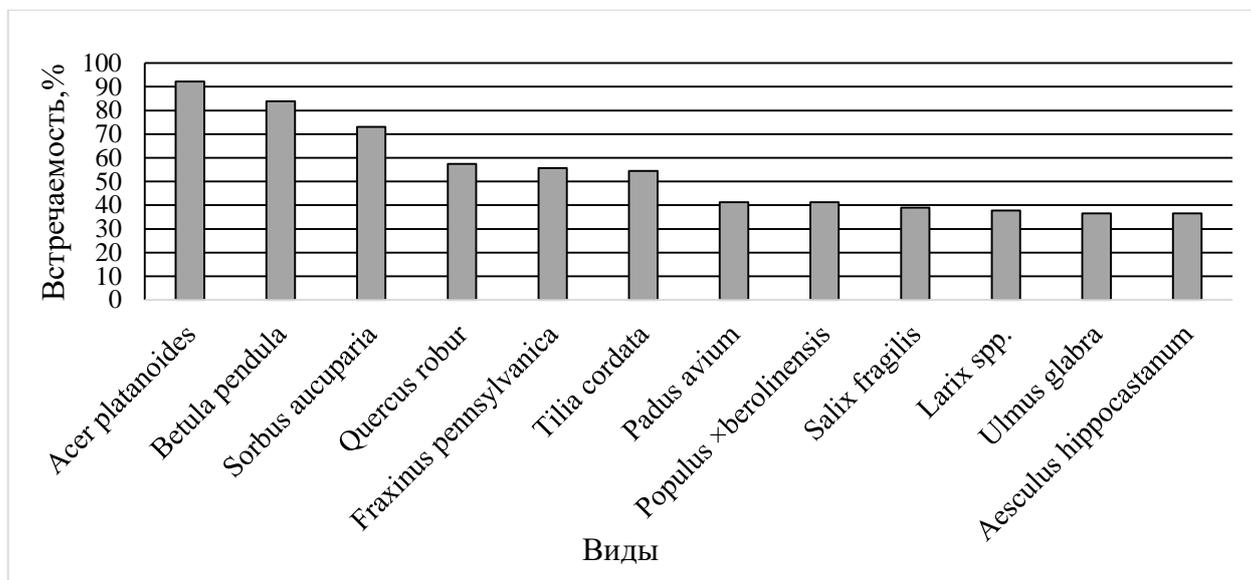


Рисунок 18. Встречаемость наиболее распространенных видов деревьев на обследованной территории Санкт-Петербурга.

Среди групп кустарников основу составляют *Syringa vulgaris*, *Cotoneaster lucidus*, *Rosa rugosa*, *Syringa josikaea* и *Caragana arborescens*. Причем *Cotoneaster lucidus* преобладает в качестве живой изгороди (рисунок 19).

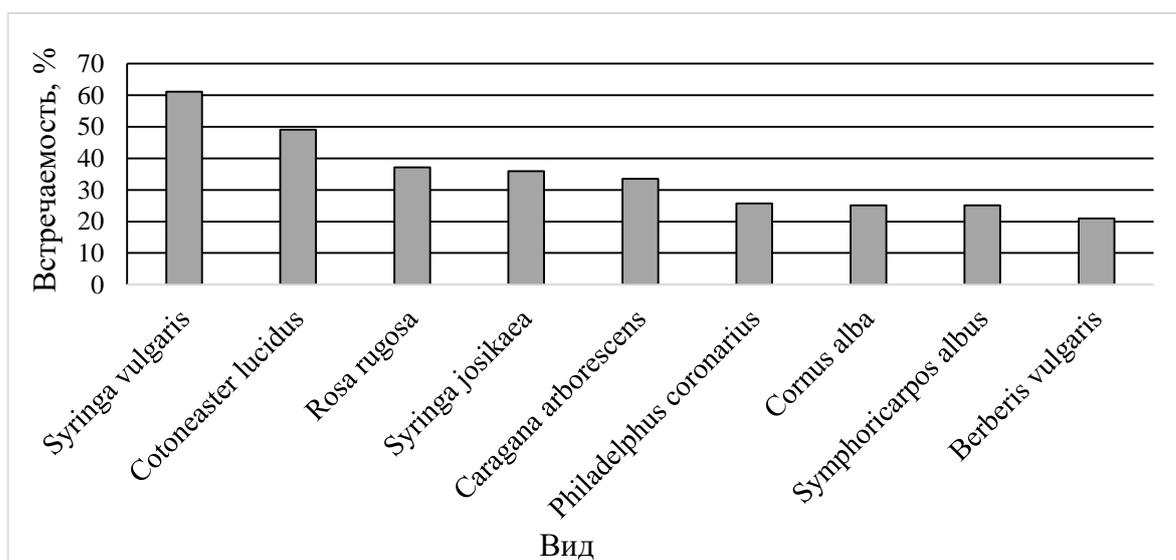


Рисунок 19. Встречаемость наиболее распространенных видов кустарников на обследованной территории Санкт-Петербурга.

Подобная видовая структура деревьев и кустарников в целом характерна для всех обследованных районов.

Возрастная структура древесных насаждений по 16 районам представлена на рисунке 20. В городе в целом преобладают деревья от 20-60 лет (из 5799 изученных

деревьев). Молодые посадки деревьев (до 10 лет) отсутствуют в Адмиралтейском, Невском, Пушкинском и Центральном районах, Колпинский и Петродворцовый районы, напротив, лидируют по данной категории (15%). Древесные насаждения старше 60 лет встречаются не во всех районах, наиболее богатые ими Невский (49%) и Пушкинский (28%). В Петроградском (9%), Петродворцовом (6%), Приморском (5%), Невском (3%) и Выборгском (3%) районах встречаются деревья старше 80 лет.

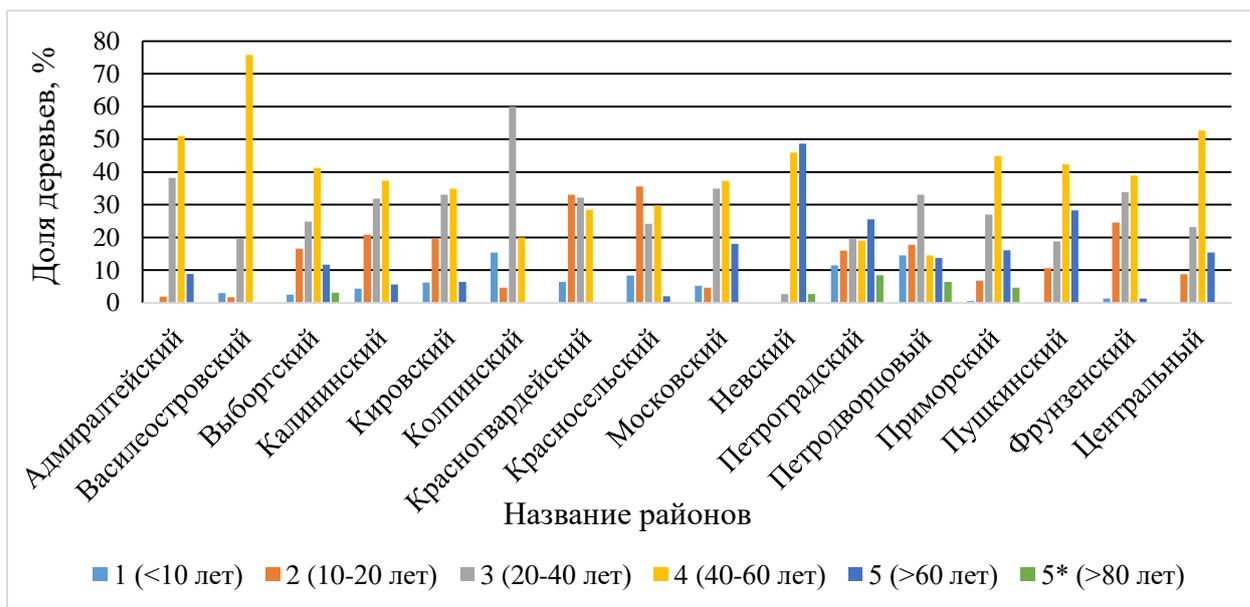


Рисунок 20. Возрастная структура древесных насаждений на территории Санкт-Петербурга

Состояние деревьев (5799 деревьев) оценивалось по 6-балльной шкале, из них 4246 деревьев (73%) находились в хорошем состоянии (без признаков ослабления), 1191 дерева (21%) – в ослабленном, 205 деревьев (4%) – в сильно ослабленном состоянии. 1% (70 деревьев) составляли усыхающие деревья, сухостой составлял 1,5% (0,5% – сухостой текущего года и 1% – сухостой прошлых лет) (рисунок 21). Несмотря на то, что в 2021 году обследовались в основном парковые насаждения с благоприятными условиями произрастания, в этом сезоне выявлено относительно большое количество деревьев 2 и 3 категорий состояния, что вероятнее всего связано с засушливым и жарким летом. Кировский, Красногвардейский и Выборгский районы лидируют по количеству деревьев без признаков ослабления, в то же время в Выборгском районе наблюдалось большое количество сухостоя этого года и прошлых лет (по сравнению с другими районами).

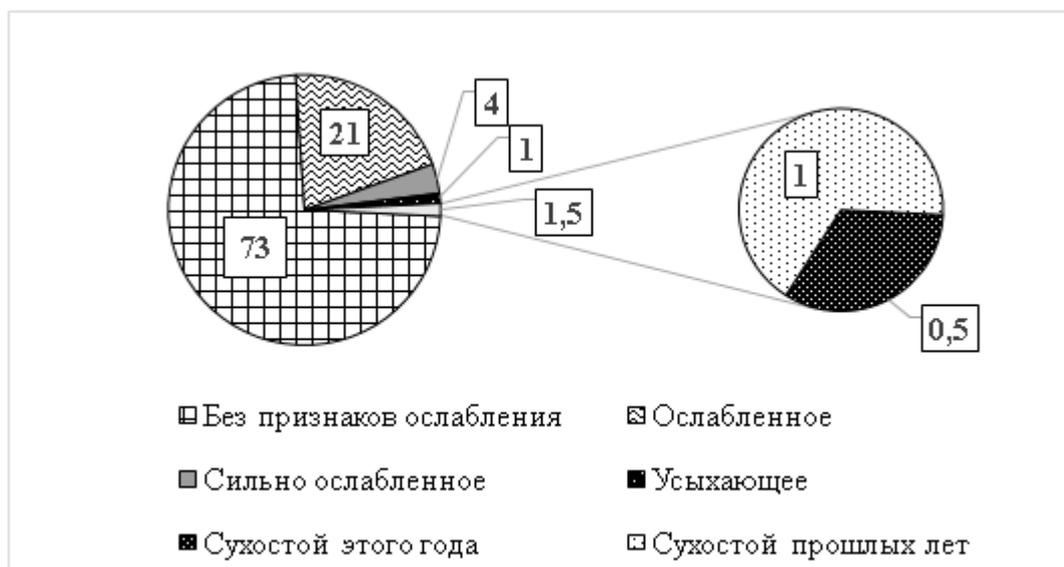


Рисунок 21. Состояние деревьев на ПП в Санкт-Петербурге (2021 г.)

Состояние кустарников оценивалось по трем категориям: хорошее, удовлетворительное и неудовлетворительное состояние. По результатам экологической оценки из 370 групп кустарники в хорошем состоянии составляли 77%, в удовлетворительном – 19% и 4% кустарников в неудовлетворительном состоянии (рисунок 22). Наилучшее состояние кустарников было отмечено в Кировском, Красносельском и Приморском районах, неудовлетворительное состояние – в Петроградском районе.



Рисунок 22. Состояние кустарников на ПП в Санкт-Петербурге (2021 г.)

Состояние травянистой растительности на 324 пробных площадях в 2021 году характеризовалось как удовлетворительное. Преобладали газоны в хорошем состоянии

(46%), однако они составляли менее половины всех травянистых сообществ, обследованных ПП. Доля газонов в удовлетворительном состоянии также велика и составляла 36%, количества газонов в неудовлетворительном состоянии с 12%.

В 2021 году не обследовались зеленые насаждения в Кронштадтском и Курортном районах. Наилучшее состояние газонов отмечено в Красносельском, Кировском и Калининском районах – более 70% обследованных газонов на ПП в хорошем состоянии.

Состояние цветников на объектах озеленения (42 ПП) в 2021 году характеризовалось как хорошее. Преобладали цветники в хорошем состоянии (60 %), однако, присутствовали и цветники в удовлетворительном и неудовлетворительном состоянии (19 % и 21 % соответственно).

Одной из задач, решаемых Методикой, является сопоставление похожих объектов озеленения и составление выборки данных для анализа. Выбор объектов, как предлагают авторы, может производиться случайно или целенаправленно в зависимости от поставленных задач работы (Методика оценки..., 2020). В целом Методика направлена на получение актуальной информации о состоянии зеленых насаждений в черте города и непосредственно не является мониторингом, но при этом она может быть применена для мониторинговых исследований, при условии проведения обследований на постоянных пробных площадях.

При оценке экологического состояния объектов следует учитывать различия таких характеристик, как площадь и положение объектов, тип зеленых насаждений, экологические условия района расположения объектов, преобладающий элемент растительности и т.п. В связи с чем, поднимается вопрос о правильном составлении выборки исследуемых объектов. Для более объективной оценки состояния ЗН и возможности более подробного анализа их состояния в течение нескольких лет необходимо подбирать похожие по характеристикам объекты (например, по виду насаждений: парки, скверы).

В рамках апробации методики сотрудниками ООО «СЗЦ «Экологическая Лаборатория» в 2020 г. на 856 пробных площадях (ПП) и в 2021 г. на 324 ПП было изучено состояние древесных и кустарниковых насаждений, газонов и цветников зеленых насаждений общего пользования, на основе которого был рассчитан коэффициент комплексной экологической оценки (рисунок 23). В 2020 году доля ПП, находящихся в идеальном состоянии, составляла 75%, в хорошем – 21% и в неудовлетворительном – 3%. В 2021 ПП в идеальном состоянии составляли 67%, в хорошем – 24%, и 8% и 1% в удовлетворительном и неудовлетворительном состоянии соответственно. Сопоставление с

другими годами позволяет проследить динамику изменения экологического состояния зеленых насаждений в городе.

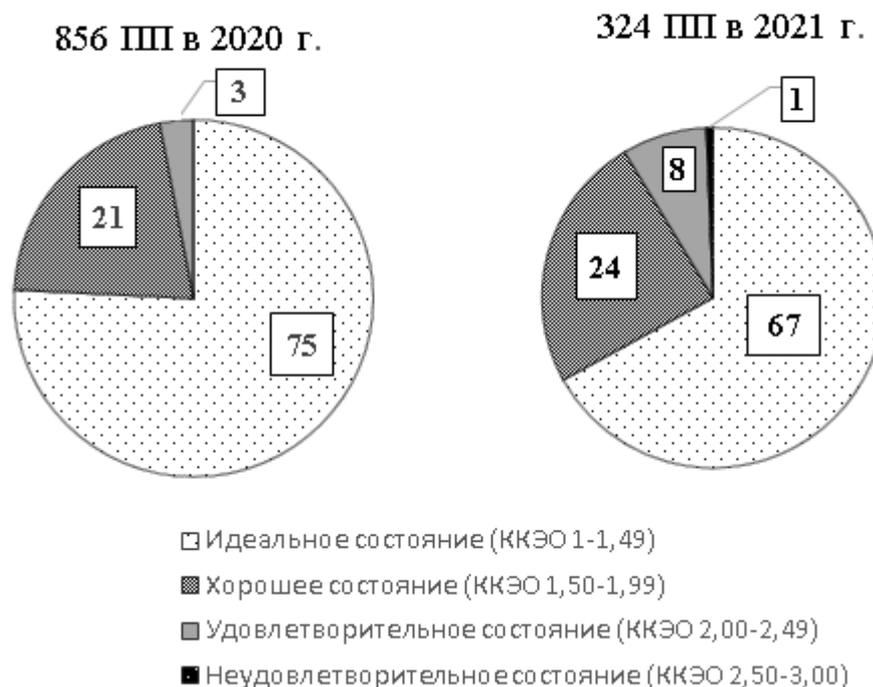


Рисунок 23. Состояние пробных площадей в 2021 г. на территории Санкт-Петербурга

Таким образом, можно утверждать, что состояние объектов озеленения в 2021 году было хорошим как по пробным площадям, так и по отдельным элементам растительности. Однако доля пробных площадей и отдельных элементов ЗН в удовлетворительном состоянии относительно высокая, на что могли повлиять погодные условия.

Заключение

В дипломной работе были описаны существующие отечественные и зарубежные методы и подходы к оценке состояния жизнеспособности растений, проведен анализ состояния зеленых насаждений общего пользования городского и местного значения в Кировском районе и Санкт-Петербурге по данным 2021 года.

Существует несколько эффективных подходов и методов к оценке состояния растений по разным параметрам (морфологическим, анатомическим, использование дистанционных методов и т.п.). Но в тоже время, все эти методы либо требуют специального оборудования, либо не подходят для определения жизненного состояния городских растений. Обновленная методика оценки состояния зелёных насаждений Санкт-Петербурга является универсальной и простой в использовании. Оценка строится на определении видового состава насаждений, возрастного состава деревьев, характеристики объекта исследования и отдельных элементов растительности (деревьев, кустарников, газонов (травянистой растительности) и цветников). Полученную информацию возможно использовать для оценки состояния насаждений как в целом в городе, так и для административных районов. Более того, изучение разных объектов в течении нескольких лет позволяет охватить большую площадь территории и оценить состояние разных по видовому и возрастному составу или типам насаждений объекты.

Исходя из всего вышесказанного, можно сделать следующие выводы:

1. Состояние зеленых насаждений в Кировском районе и в целом по городу оценивалось как хорошее как по пробным площадям (ККЭО), так и по отдельным элементам растительности
2. Предложенная методика позволяет оценить экологическое состояние зеленых насаждений в целом по городу или на ограниченной области (например, в границах района).
3. Натурные обследования основываются на визуальном описании характеристик объекта и пробных площадей по средствам заполнения соответствующих форм и не требуют применения специального оборудования (кроме сантиметровой ленты для измерения длины окружности ствола и, при наличии, высотомера), что делают методику доступной в использовании.
4. Проведение оценки состояния зеленых насаждений на разных объектах в разные годы позволяет охватить большую площадь территории.
5. При выявлении кризисных ситуаций на обследований объектах следует применять иные методы исследования, направленные непосредственно на более глубокое изучение и решение данных проблем.

6. При проведении анализа оценки состояния зеленых насаждений рекомендуется учитывать и фиксировать погодные условия в среднем по сезону, а также расположение объекта относительно промышленных предприятий и автомагистралей, так как данные факторы могут влиять на состояние зеленых насаждений

7. Имеет смысл брать под контроль зеленые насаждения находящиеся в неудовлетворительном состоянии, для выявления последующих улучшений или ухудшений в состоянии.

Список литературы

1. Закон Санкт-Петербурга № 396-88 23.06.2010 г. «О зеленых насаждениях Санкт-Петербурга» [Электронный ресурс]. – Режим доступа <https://docs.cntd.ru>
2. Закон Санкт-Петербурга № 155-21 17.04.2006 г. «Об экологическом мониторинге на территории Санкт-Петербурга» [Электронный ресурс]. – Режим доступа <https://docs.cntd.ru>
3. Распоряжение Комитета по Благоустройству Правительства Санкт-Петербурга от 22.01.2014 № 5-р (ред. от 14.10.2019) «Об утверждении порядка проведения обследования зеленых насаждений, по результатам которого производятся санитарные рубки (в том числе удаление аварийных, больных деревьев и кустарников [Электронный ресурс]. – Режим доступа <https://docs.cntd.ru/document/537947797>
4. Авраменко А.А. Исследование внутреннего состояния и структуры древесины с использованием прибора Резистографа R650-SC // Вопросы криминологии, криминалистики и судебной экспертизы. – 2020. – № 2 (48). – С. 111-114.
5. Алексеев В.А. Диагностика жизненного состояния деревьев и древостоев // Лесоведение. – 1989. – № 4. – С. 51-57
6. Апарин Б.Ф. Почвенный покров Санкт-Петербурга: «из тьмы лесов и топи блат» к современному мегаполису / Б.Ф. Апарин, Е.Ю. Сухачева // Междисциплинарный научный и прикладной журнал «Биосфера». – 2013. – № 3. – С. 327-352.
7. Атлас особо охраняемых природных территорий Санкт-Петербурга / Отв. ред. В. Н. Храмцов, Т. В. Ковалева, Н. Ю. Нацваладзе. – СПб, 2013 – 176 с.
8. Бялт В.В. Культурная флора г. Санкт-Петербурга (Россия) и ее анализ / В.В. Бялт, Г.А. Фирсов, А.В. Бялт, Л.В. Орлова // Вестник Оренбургского государственного педагогического университета – 2019. – № 2 (30). – с. 11-103.
9. Геологический атлас Санкт-Петербурга / Отв. ред. Н.Б. Филиппов. – СПб.: Комильфо, 2009 – 57с.
10. Горохов В.А. Зеленая природа города: Учебное пособие для вузов. Издание 2-е дополненное и переработанное. – М.: Архитектура-С, 2005. – 592 с.: ил.
11. Гостев В.Ф. Проектирование садов и парков: Учебное пособие для техникумов / В.Ф. Гостев, Н.Н. Юскевич – М.: Стройиздат, 1991. – 340 с.: ил.
12. Даринский А.В. География Ленинградской области / А.В. Даринский, А.И. Фролов – СПб.: Глагол, 2003. – 126 с.: ил.
13. Даринский А.В. География Санкт-Петербурга: Учебное пособие / А.В. Даринский, И.В. Асеева – СПб.: Специальная Литература, 1996. – 112 с.: ил.

14. Ермохин М.В. Методика определения аварийной опасности деревьев в составе зеленых насаждений на землях населенных пунктов / М.В. Ермохин, А.В. Судник, А.П. Яковлев, И.П. Вознячук // Проблемы сохранения биологического разнообразия и использования биологических ресурсов: материалы III международной научно-практической конференции (Беларусь, 2015). – Минск –2015. – С. 68-72.
15. Иллюстрированный определитель растений Ленинградской области / Под ред. А.Л. Буданцева, Г.П. Яковлева – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2006. – 799с.: ил.
16. Исаченко Г.А. Ландшафты Санкт-Петербурга: эволюция, динамика, разнообразие / Г.А. Исаченко, А.И. Резников // Междисциплинарный научный и прикладной журнал «Биосфера». – 2014. – № 3. – С. 231-249.
17. Карта растительности //Учебный географический атлас Ленинградской области и Санкт-Петербурга. / Под ред. Л.М. Вассерштром – СПб.: ВСЕГЕИ, 1997. – 32 с.
18. Книга рекордов Петербурга. Все самое-самое в истории и жизни города / Под ред. Д. Шерих. – СПб.: Иванов и Лещинский, 1995. — 237 с.
19. Ковязин В.Ф. Мониторинг зеленых насаждений с применением беспилотных летательных аппаратов / В.Ф. Ковязин, В.Л. Богданов, В.В. Гарманов, А.Г. Осипов // Аграрный научный журнал – 2016. – № 4. – с. 14-19.
20. Корниенко В.О. Новый методический подход к оценке механической устойчивости зелёных насаждений в городской среде / В.О. Корниенко, С.А. Приходько // СНВ. – 2018. – № 2 (23). – С. 72-77.
21. Королева Е.Н. Роль зеленых насаждений в городской среде // Научная перспектива в образовании и развитие творческого потенциала современной системы знаний. – Казань.: СитИвент, 2020 – С. 128-130.
22. Красная книга Санкт-Петербурга / Комитет по природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности, Ботанический институт им. В. Л. Комарова [и др.; редакционная коллегия: Д. В. Гельтман (отв. ред.) и др.] – СПб.: Дитон, 2018. – 568 с.
23. Крючков А.Н. Мониторинг состояния городских зеленых насаждений как часть эффективного управления зеленым хозяйством Г. О. Тольятти // Известия Самарского научного центра РАН. –2015. –№4-5. – С. 1023-1028.
24. Кузнецов М.С. Роль и функции зеленых насаждений для улучшения экологии современных городов / М.С. Кузнецов, Е.Н. Летягина // Актуальные проблемы управления: материалы III Всероссийской научно-практической конференции (Нижний Новгород, 2016). – Нижний Новгород –2016. – С. 192-196.

25. Матинян Н. Н. Почвы и почвенный покров садов и парков Фрунзенского района Санкт-Петербурга / Н. Н. Матинян, Е. В. Гостинцева, К. А. Бахматова – СПб.: Нестор-История, 2015. – 80 с.: ил.
26. Материалы оценки воздействия на окружающую среду Методики оценки состояния зеленых насаждений Санкт-Петербурга и нормативов качества зеленых насаждений – СПб.: 2020. – 72 с.
27. Методика оценки экологического состояния зеленых насаждений общего пользования Санкт-Петербурга: утверждена Распоряжением Комитета по природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности Санкт-Петербурга от 30.08.2007 № 90-р.
28. Методика оценки экологического состояния зеленых насаждений Санкт-Петербурга и нормативы качества зеленых насаждений: утверждена распоряжением Правительства Санкт-Петербурга «Об утверждении Методики оценки экологического состояния зеленых насаждений Санкт-Петербурга» № 17-р от 03.02.2021 – СПб.: 2020. – 73 с.
29. Мощеникова Н.Б. Мониторинг состояния зеленых насаждений общего пользования Санкт-Петербурга // Окружающая среда. — 2017. URL: <http://ecopeterburg.ru/2017/03/01> (дата обращения: 5.05.2022).
30. Мозолевская Е. Г. Методы оценки состояния насаждений и негативной роли вредителей и болезней / Е.Г. Мозолевская, А.В. Голубев, Т.В. Шарапа, Н.Б. Денисова // Вестник МГУЛ – Лесной вестник – 2013. – №3 (95). – С. 52-58.
31. Мозолевская Е. Г. Сохранение и повышение устойчивости и мониторинг состояния насаждений Москвы - важная научная и практическая проблема / Е. Г. Мозолевская, Н. К. Белова, Е. Г. Куликова, В. А. Липаткин // Вестник МГУЛ – Лесной вестник. – 1998. – №1. – С. 35-41.
32. Мозолевская Е. Г. Концепция мониторинга состояния зеленых насаждений и городских лесов Москвы // Вестник МГУЛ – Лесной вестник. – 1998. – №2. – С. 5-13.
33. Мозолевская Е. Г. Этапы развития мониторинга состояния зеленого фонда Москвы // Вестник МГУЛ – Лесной вестник – 1999. – № 2. – С. 8-13.
34. Николаевский В.С. Методы оценки состояния древесных растений и степени влияния на них неблагоприятных факторов / В.С. Николаевский, Н.Г. Николаевская, Е.А. Козлова // Лесной вестник. – 1999. – № 2. – С. 76-77.
35. Пальчиков С.Б. Оценка состояния деревьев, пораженных ксилотрофными грибами, с помощью приборов Resistograph и Arbotom / С.Б. Пальчиков, А.В. Анциферов // Евразийский Союз Ученых. – 2016. – № 4-4 (25). – С. 121-125.

36. Пигольцина Г.Б. Микроклиматические особенности различных районов Санкт-Петербурга // Общество. Среда. Развитие. – 2009. – № 3 (12). – С.130-144.
37. Погорелов А.В. Моделирование объектов озеленения города по данным мобильного лазерного сканирования / А.В. Погорелов, В.А. Брусило, Н.В. Граник // Интеркарто. Интергис – 2018. – № 2 (24). – с. 5-17.
38. Правила создания, охраны и содержания зеленых насаждений в городах Российской Федерации: свод правил: утвержден и введен в действие Приказом Госстроя РФ N 153 от 15.12.1999 // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов: [сайт]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/901750921?section=status> (дата обращения: 13.04.2022).
39. Пупырев Е. И. Мониторинг состояния зеленых насаждений в условиях мегаполиса / Е.И. Пупырев, Х. Г. Якубов // Вестник МГУЛ – Лесной вестник. – 1999. – №2. – С. 14-15.
40. Разработанные в РУДН датчики мониторинга зеленых насаждений будут следить за столичными деревьями. - Текст: электронный // Российский университет дружбы народов: официальный сайт. - 2022. - URL: <https://www.rudn.ru/media/news/nauka> (дата обращения: 08.04.2022).
41. Румянцев Д.Е. Методологические подходы к изучению разнообразия экосистемных услуг зеленых насаждений в мегаполисе/ Д.Е. Румянцев, В.А. Фролова// МНИЖ. – 2019. – № 10-2 (88). – с. 28-34.
42. Румянцев Д.Е. Перспективы мониторинга состояния зеленого фонда города с помощью датчиков интернета вещей / Д.Е. Румянцев, В. А. Фролова // Принципы экологии. – 2020. – № 2. – С. 111-119.
43. Санаев И. В. Роль зеленых насаждений в создании оптимальной городской среды // Вестник МГУЛ – Лесной вестник. 2006. – №6. – С. 71-76.
44. Скачкова М.Е. Классификация территорий зеленых насаждений Санкт-Петербурга для целей их учета и мониторинга// Антропогенная трансформация природной среды. – 2012. – № 1. – С. 194-198.
45. Специалисты Центра древесных экспертиз НПСА «ЗДОРОВЫЙ ЛЕС. - Текст: электронный // Деревья – памятники живой природы: всероссийская программа. - 2014. - URL: <https://rosdrevo.ru/news/2014-04-09/> (дата обращения: 20.05.2022).
46. Теодоронский В.С. Объекты ландшафтной архитектуры: Учебное пособие для вузов / В.С. Теодоронский, И.О. Боговая — М.: МГУЛ, 2003. – 300 с.: ил.

47. Федорова Н.Б. Зеленые насаждения Санкт-Петербурга и мониторинг их состояния // Вестник Московского государственного университета леса-лесной вестник. – 2009. – № 5. – С. 202-206.
48. Фирсов Г.А. К вопросу об ассортименте древесных растений парков Санкт-Петербурга / Г.А. Фирсов, А.А. Егоров, И.В. Фадеева, В.В. Бялт // Hortus botanicus. – 2010. – Т. 5. – С. 1-14.
49. Цуварева Н.А. Анализ санитарного состояния древостоев на основе использования датчиков физиологического состояния дерева (на примере Санкт-Петербурга): специальность 06.03.02 Лесоведение, лесоводство, лесоустройство и лесная таксация: диссертация на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук / Цуварева Нина Александровна; СанктПетербургский государственный лесотехнический университет имени С. М. Кирова. – СПб, 2021. – 131 с.
50. Чомаева М.Н. Роль зеленых насаждений для городской среды // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. – 2020. – № 4-3 (43). – С. 12-14.
51. Adams W.; Winter K.; Schreiber U.; Schramel P. Photosynthesis and chlorophyll fluorescence characteristics in relationship to changes in pigment and element composition of leaves of *Platanus occidentalis* L. during autumnal leaf senescence// Plant Physiol. 1990. – № 92. – P.1184-1190.
52. Aghamirloo M.R., Nakhaei M., Beigbabaei B., Kargar Y., Salahshoury M. The role of green space in improving the environmental quality and an introduction to the sustainable development of cities // Science Journal (CSJ). 2015 – Vol. 36. – № 6 – P. 169-177.
53. Anguluri R., Narayanan P. Role of green space in urban planning: Outlook towards smart cities// Urban Forestry & Urban Greening. 2017. – № 25. – P.58-65.
54. Bragg D.C. An improved tree height measurement technique tested on mature southern pines // Southern Journal of Applied Forestry. 2008 – Vol. 32. – P. 38-43.
55. Callow D., May P., Johnstone D. Tree Vitality Assessment in Urban Landscapes. // Forests. 2018. – Vol. 9. – URL: https://www.researchgate.net/publication/325291003_Tree_Vitality_Assessment_in_Urban_Landscapes
56. Degerickxa J., Robertsb D.A., McFaddenb J.P., Hermya M., Somers, B., Urban tree health assessment using airborne hyperspectral and LiDAR imagery // International Journal of Applied Earth Observations and Geoinformation. – 2018. – Vol. 73. – P. 26-38.

57. Grimes R. Crown Assessment of Natural Spotted Gum (*Eucalyptus maculata*), Ironbark (*Eucalyptus fibrosa*, *Eucalyptus drepanophylla*) Forest; Dept. of Forestry: Brisbane, Australia, 1978.
58. i-Tree 2015. i-Tree Eco v. 6: guide to data limitations. www.itreetools.org/resources/manuals/ECov6_ManualsGuides/ECov6Guide_DataLimitations.pdf
59. Johnstone D., Moore G., Tausz M., Nicolasc M. The measurement of plant vitality in landscape trees// Arboricultural Journal. 2013. – № 35. – P.18-37.
60. Johnstone D., Tausz M., Moore G., Nicolas M. Chlorophyll fluorescence of the trunk rather than leaves indicates visual vitality in *Eucalyptus saligna*// Trees-Struct. Funct. 2012. – Vol. 26 – P. 1565-1576.
61. Jumaah M., Abdulrazzaq M., Abdul-Majeed A. H. (2021). Role of Green Spaces and Their Impact on Climate Design and Ecosystem Efficiency// IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021 – 761.
62. Karade R., Kuch, V., Salma Z. The Role of Green Space for Sustainable Landscape Development in Urban Areas// International Archive of Applied Sciences and Technology. 2017. – № 8. – P.76-79.
63. Kosov I.V., Zubareva O.N., Prysov D.A. Assessment of vitality state of green spaces in Krasnoyarsk// IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science (2021).
64. Lindenmayer D.B.; Norton T.W.; Tanton M.T. Differences between wildfire and clearfelling on the structure of montane ash forests of Victoria and their implications for fauna dependent on tree hollows. Aust. For. 1990 – Vol. 53. – P. 61-68.
65. Martinez-Trinidad T., Watson W.T., Arnold M.A., Lombardini L., Appe, D.N. Comparing various techniques to measure tree vitality of live oaks // Urban For. Urban Green. 2010. – № 9. – P.199-203.
66. Martin R.A.U., Burgman M.A., Minchin P.R. Spatial analysis of eucalypt dieback at Coranderrk, Australia// Applied Vegetation Science. 2001. – № 4(2). – P.257-266.
67. Michalowska M., Rapinski J. A Review of Tree Species Classification Based on Airborne LiDAR Data and Applied Classifiers// Remote Sensing. 2021 – Vol. 13. – URL: https://www.researchgate.net/publication/348653012_A_Review_of_Tree_Species_Classification_Based_on_Airborne_LiDAR_Data_and_Applied_Classifiers.
68. Morgenroth J., Östberg J. (2017), Measuring and monitoring urban trees and urban forests from: Routledge Handbook of Urban Forestry Routledge.
69. Ögren E. Evaluation of chlorophyll fluorescence as a probe for drought stress in willow leaves// Plant Physiol. 1990. – № 93. – P.1280-1285.

70. Ostberg J., Sandberg K., Wiström B. Rating of parameters used to assess tree vitality by urban foresters and ecologists in Sweden, using the Delphi method// *Urban Forestry & Urban Greening*. 2021 – Vol. 62.
71. Popov A.A., Avdeeva E.V., Ovsyankin A.K., Emomaliev M.R. Information and analytical system for monitoring green spaces // *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*. 2021 – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=45276382>.
72. Repo T., Kalliokoski T., Domisch T., Lehto T., Mannerkoski H., Sutinen S., Fine'r, L. (2005) Effects of timing of soil frost thawing on Scots pine. *Tree Physiol* 25.
73. Sepulveda P., Johnstone D. A Novel Way of Assessing Plant Vitality in Urban Trees// *Forests*. 2018. – № 10. – URL: https://www.researchgate.net/publication/329816335_A_Novel_Way_of_Assessing_Plant_Vitality_in_Urban_Trees.
74. Torelli N., Shortle W., Cufar K., Ferlin F., Smith K. Detecting changes in tree health and productivity of silver fir in Slovenia// *European Journal of Forest Pathology*. 1999. – № 29(3). – P.189-197.
75. Valentini R., Belelli Marchesini L., Sala G., Yaroslavtsev A., Vasenev V., Castaldi, S.. (2019). New tree monitoring systems: from Industry 4.0 to Nature 4.0. – № 10. – URL: https://www.researchgate.net/publication/339723835_New_tree_monitoring_systems_from_Industry_40_to_Nature_40.
76. Zhang Ya & Shao Zhenfeng. Assessing of Urban Vegetation Biomass in Combination with LiDAR and High-resolution Remote Sensing Images// *International Journal of Remote Sensing*. 2021. – Vol. 42. – P. 964-985.
77. Официальный сайт Администрации Санкт-Петербурга [Электронный ресурс]. URL: <http://gov.spb.ru/> (дата обращения 13.03.2021)
78. Официальный сайт ФБГУ «Северо-Западное управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды» [Электронный ресурс]. URL: <http://www.meteo.nw.ru/articles/> (дата обращения 03.06.2021)
79. Экологический портал Санкт-Петербурга [Электронный ресурс]. URL: <http://gov.infoeco.ru/> (дата обращения 14.03.2021)
80. Countree: сайт. – Красноярск. – URL: <https://24.countree.ru> (дата обращения: 14.04.2022).
81. Open Data for all New Yorkers: сайт / NYC Open Data. – New York – URL: <https://opendata.cityofnewyork.us> (дата обращения: 23.04.2022).

Приложение 1.

Характеристика объекта зеленых насаждений (Методика оценки..., 2020).

Название объекта (включая код ЗНОП, название по паспорту СПХ, адрес)	
ЗНОП город. значения / ЗНОП мест. значения / ЗН спец. назн: озеленение улиц / ЗН огранич. пользы	
Район СПб	
Группа насаждения: <u>парки</u> (≥ 25 га) 1 2 (а б) 3 <u>парки</u> (> 10 га) 4 5 (а б) 6 <u>большие скверы</u> (3-10 га) 7 8 (а б) 9 <u>средние скверы</u> (1-3 га) 10 (а б в г д е) 11 (а б в г д е) 12 (а б в г д е) 13 (а б в г д е) <u>малые скверы</u> (0,04-1 га) 14 (а б в г д ж з) 15 (а б в г д ж з) 16 (а б в г д ж з) 17 (а б в г д ж з) <u>малые формы озеленения</u> ($\leq 0,04$ га) 18 (а б в г) 19 (а б в г) 20 (а б в г) <u>улицы магистральные</u> 21 22 (а б в г) 23 (а б) 24 (а б) 25 (а б) <u>улицы местные</u> 26 (а б) 27 (а б в г) 28 (а б) 29 (а б) 30 (а б) <u>улицы пешеходные</u> 31 (а б) 32 (а б) 33 (а б) 34 (а б) 35 (а б) <u>Контейнерное озеленение</u> 36 (а б в г д) Декоративный участок 37 <u>Несколько зон, нет единой основной функции</u>	
Характеристика рельефа и увлажнения почвы ровно / холмисто / склон (экспозиция)	
В основном: сухо или переуплотнено / умеренное увлажнение / переувлажнение	
Интенсивность движения интенсивное ≥ 3 полосы в 1 сторону / интенсивное < 3 полос в 1 сторону / умеренное / слабое / пешеходное	
Преобладающий элемент растительности <u>Деревья:</u> равномерно $> 50\%$ площади озеленения, сомкнутость $> 0,6$ / группы 30-50% площади озеленения, сомкнутость $> 0,3$ / ряды (1-2) < 5 м от ствола до проезжей части / ≥ 5 м от ствола до проезжей части (для линейных объектов) <u>Кустарники</u> $> 30\%$ площади озеленения, сомкнутость $> 0,3$: равномерно / изгороди / группы Присутствие зарослей мелколиственных пород: да / нет <u>Травянистая растительность:</u> $\geq 80\%$ площади озеленения (включая цветники), Присутствие деревьев: ряды / единично / нет ; кустарники: изгородь / единично / нет <u>Контейнерное озеленение</u> / <u>Декоративная зона:</u> есть: деревья / кустарники / газон / цветники	
№ фото (общий вид)	Кол-во ПП
Водные объекты: кол-во ___; площадь, ___ м ² или доля от площади объекта, ___% ручей / река / пруд / озеро / залив	
Примечания	
Газоны, № фото	Примечания
Вытоптано, ___% площади объекта; Тропы вне сети дорожек: много / умеренно / мало / нет Засеяны травосмесью / не засеваемые или без признаков посева / подсев на отдельных участках	
Цветники, № фото	Кол-во клумб или доля от площади объекта
Категория состояния 1 / 2 / 3	
Примечания	
ДАТА	
ФИО исполнителей	

Приложение 2

Форма 2. Характеристика пробной площади (с оценкой состояния насаждений) (Методика оценки..., 2020)

Название объекта (в т.ч. адрес)
№ ПП _____ Группа ЗН _____ Фото ПП _____ ДАТА _____
Характеристика рельефа и увлажнения почвы склон (жесточина) / ровно; сухо или переувлажнено / умеренное увлажнение / переувлажнение
Форма и размеры ПП
Расстояние от проезжей части <5м / 5-10м / 10-20м / >20м; Положение выше / на уровне / ниже уровня / отдалено
Водные объекты: _____; расстояние до ПП до 20м / до 50м / до 100м / > 200м
Преобладающий элемент растительности деревья / кустарники / газоны / цветники

Газон, категория состояния 1 / 2 / 3

Вытоптанные участки	Травостой	Сорные (нежелательные) растения	Состав некультивируемых растений
нет	густой	много / мало / нет	клевера / крестоцветные / рапнотравье / мелкотравье / крупные сорняки / сныть и(или) кукуруза / лесной покров / прибрежно-водные
<10%	неоднородный	<u>Стрижка (кошение)</u>	
10-20%	изреженный	регулярно / иногда / нет признаков	<u>Травостой под кронами деревьев</u>
20-50%	нарушенный	<u>Цвет</u>	
>50%	у стволов	зеленый / желтоватый / усохшей травы	развит / изрежен / нет

Примечания _____

Кустарники

№	Вид	Площадь группы, м ² (длина изгороди, м /одиноч., шт)	Сред- няя высота, м	% усох- ших ветвей	Попреждения	Катего- рия светога- ния 1-3	Примечания, № фото
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							

Загущенная посадка: да / нет

Примечания _____

Древостой. Перечетная ведомость деревьев

№	Вид (порода)	Длина окружности ствола, см	Высота, м	Класс возраста, лет: 1 - до 10; 2 - 10-20; 3 - 20-40; 4 - 40-60; 5 >60 (* > 80)	% усохших ветвей	Повреждения, болезни, вредители	Категория состояния 1-6 Прилож.4	Примечания, № фото
1				1/2/3/4/5 *				
2				1/2/3/4/5 *				
3				1/2/3/4/5 *				
4				1/2/3/4/5 *				
5				1/2/3/4/5 *				
6				1/2/3/4/5 *				
7				1/2/3/4/5 *				
8				1/2/3/4/5 *				
9				1/2/3/4/5 *				
10				1/2/3/4/5 *				
11				1/2/3/4/5 *				
12				1/2/3/4/5 *				
13				1/2/3/4/5 *				
14				1/2/3/4/5 *				
15				1/2/3/4/5 *				
16				1/2/3/4/5 *				
17				1/2/3/4/5 *				
18				1/2/3/4/5 *				
19				1/2/3/4/5 *				
20				1/2/3/4/5 *				

Примечания _____

Загущенная посадка: да / нет _____

Цветники, категория состояния 1 / 2 / 3

<u>Кол-во клумб</u>	<u>Размер клумб</u>	<u>Сорняки много / есть / нет</u>
<u>Почва рыхлая / уплотненная; влажная / сухая</u>		<u>Сортовая коллекция</u>
<u>Состояние цветочных культур здоровы / часть увяла / >10% увяло</u>		<u>весенняя / летняя / осенняя</u>

Примечания _____

Приложение 3

Таблица 2. Поправочные коэффициенты элементов растительности для расчета ККЭО объектов (функциональных зон) ЗН разных групп (Методика оценки..., 2020)

Характер растительности	ПКд	ПКк	ПКг	ПКц
Для объектов (функциональных зон) ЗН с основной функцией рекреационной или специализированной (парки и скверы разной площади, малые формы озеленения)				
Древостой с сомкнутостью полога крон 0,6-1, занимающие более 50% площади озеленения Группы 1, 4, 7, 10, 14	1	0,45	0,25	0,1
Группы деревьев с сомкнутостью 0,3-0,5, занимающие в сумме 30-50% площади озеленения (объекты озеленения с пейзажной планировкой) или разреженные древостои Группы и подгруппы 2а, 5а, 8а, 11, 15, 18	1	0,5	0,3	0,1
Кустарниковая растительность сомкнутостью не менее 0,3 с немногочисленными деревьями или без них (объекты озеленения с пейзажной планировкой), а также участки молодых древостоев (1-2 класс возраста), в т.ч. с участками высокой сомкнутости Группы и подгруппы 2б, 5б, 8б, 12, 16, 19	0,7	0,7	0,4	0,1
Травянистая растительность (не менее 80% площади озеленения), в т.ч. с единичными деревьями и кустарниками, их небольшими группами (вплоть до сомкнутости крон деревьев 0,1-0,2), а также участки травянистой растительности без древесных растений (включая газоны с цветниками) Группы 3, 6, 9, 13, 17, 20	0,7	0,4	0,7	0,1
Для декоративных функциональных зон				
Декоративный участок (функциональная зона, объект) Группа 37	0,7	0,7	0,4	0,1

Примечания:

ПКд - поправочный коэффициент для деревьев,

ПКк - для кустарников,

ПКг - для травянистой растительности (газонов, луговых травостоев, напочвенного покрова под пологом крон деревьев),

ПКц - поправочный коэффициент цветников

Приложение 4

Таблица 4. Нормативы ККЭО и БС преобладающей растительности для объектов ЗН с основной функцией рекреационной или специализированной (Методика оценки..., 2020)

Характер растительности	Номер группы, подгруппа	Норматив ККЭО	Норматив БС	Характер растительности	Номер группы, подгруппа	Норматив ККЭО	Норматив БС	
А. Крупные парки (площадью $S \geq 25$ га)				Д. Малые скверы ($0,04 \leq S < 1$ га)				
Древостой (БСд)	1	1,8	1,7	Древостой (БСд)	14а, 14б	1,9	2,0	
Группы деревьев (БСд)	2а	1,8	1,5		14в	1,8	1,7	
Группы кустарников (БСк)	2б	1,7	1,5		14г	1,9	1,7	
Травянистая растительность (БСг)	3	1,7	1,5		14д	1,9	1,7	
					14е	1,9	1,8	
Б. Небольшие парки ($10 \leq S < 25$ га)					Группы деревьев (БСд)	14ж	1,9	1,9
Древостой (БСд)	4	1,8	1,7	14з		2,0	2,0	
Группы деревьев (БСд)	5а	1,8	1,5	Группы кустарников (БСк)		15а, 15б	1,9	1,8
Группы кустарников (БСк)	5б	1,7	1,5			15в	1,8	1,7
Травянистая растительность (БСг)	6	1,7	1,5			15г	1,8	1,8
						15д	1,9	1,8
В. Большие скверы ($3 \leq S < 10$ га)					15е	1,9	1,9	
Древостой (БСд)	7	1,8	1,7		15ж	2,0	1,9	
Группы деревьев (БСд)	8а	1,8	1,6	15з	2,0	2,0		
Группы кустарников (БСк)	8б	1,8	1,5	Группы кустарников (БСк)	16а, 16б	1,9	2,1	
Травянистая растительность (БСг)	9	1,7	1,5		16в	1,8	1,6	
					16г	1,8	1,7	
Г. Средние скверы ($1 \leq S < 3$ га)					16д	1,9	1,8	
Древостой (БСд)	10а, 10б	1,8	1,9		16е	1,9	1,9	
	10в, 10г	1,8	1,7		16ж	2,0	1,9	
	10д, 10е	1,9	1,7	16з	2,0	2,0		
Группы деревьев (БСд)	11а, 11б	1,8	1,7	Травянистая растительность (БСг)	17а, 17б	1,8	2,0	
	11в, 11г	1,8	1,6		17в, 17г	1,7	2,0	
	11д, 11е	1,8	1,7		17д	1,8	2,0	
Группы кустарников (БСк)	12а, 12б	1,9	1,9		17е	1,9	2,0	
	12в	1,7	1,6		17ж	1,9	2,0	
	12г	1,7	1,7		17з	2,0	2,0	
	12д	1,8	1,8	Е. Малые формы озеленения ($S \leq 0,04$ га)				
	12е	1,8	1,9	Преобладание деревьев (небольшие древостой, группы деревьев) (БСд)	18а, 18в	2,0	2,0	
Травянистая растительность (БСг)	13а, 13б	1,8	1,7	Группы кустарников (БСк)	18б, 18г	2,1	2,1	
	13в, 13г	1,7	1,5					19а
	13д, 13е	1,8	1,7	19б	2,1	2,3		
				Травянистая растительность (БСг)	19в	2,0	2,2	
					19г	2,1	2,2	
					20а, 20в	2,0	2,0	
				20б, 20г	2,1	2,0		

Примечания:

БСд – Балл состояния деревьев
 БСк – Балл состояния кустарников
 БСг – Балл состояния газонов