

**Метелев Дмитрий Васильевич**

**СТРУКТУРА И ДИНАМИКА ГОРОДСКИХ ЛЕСОВ  
МУНИЦИПАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ «ГОРОД ЕКАТЕРИНБУРГ»  
И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИИ  
И ВЕДЕНИЯ ХОЗЯЙСТВА В НИХ**

06.03.02 – Лесоведение, лесоводство,  
лесоустройство и лесная таксация

Автореферат  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата сельскохозяйственных наук

Екатеринбург – 2020

Работа выполнена в ФГБОУ ВО «Уральский государственный  
лесотехнический университет»

Научный руководитель:	доктор сельскохозяйственных наук, профессор Нагимов Зуфар Ягфарович
Официальные оппоненты:	Гиниятуллин Рафак Хизбуллинович, доктор сельскохозяйственных наук, Уфимский Институт биологии – обособленное структурное подразделение ФГБНУ «Уфимский федеральный исследовательский центр РАН», лаборатории лесоведения, старший научный сотрудник;  Завьялов Константин Евгеньевич, кандидат сельскохозяйственных наук, ФГБУН Ботанический сад Уральского отделения Российской академии наук, лаборатория экологии техногенных растительных сообществ, научный сотрудник.
Ведущая организация:	ФГБОУ ВО «Башкирский государственный аграрный университет»

Защита состоится «16» сентября 2020 г. в 12<sup>00</sup> часов на заседании диссертационного совета Д 212.281.01 при ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет» по адресу: 620100, г. Екатеринбург, Сибирский тракт 37, ауд. 401.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет» ([www.usfeu.ru](http://www.usfeu.ru)).

Автореферат разослан «\_\_\_»\_июля\_2020 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета  
канд. с.-х. наук, доцент

Магасумова  
Альфия  
Гаптрауфовна

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы.** В крупных промышленных центрах с высокой концентрацией населения, транспорта и промышленных объектов роль городских лесов, выполняющих экологические и социальные функции, трудно переоценить. В настоящее время в пределах муниципального образования (МО) «город Екатеринбург» городские леса находятся в различной публичной собственности: в городской (муниципальной), областной и федеральной. На территории муниципального образования нет единой структуры управления лесами, единого лесничества, общего лесохозяйственного регламента а, следовательно, актуальной структурированной информации о состоянии лесов. На этом фоне наблюдается резкое увеличение незаконных рубок, которые снижают рекреационные и эстетические свойства насаждений, ухудшают их санитарное состояние и усиливают пожарную опасность в лесах.

Для рационального ведения хозяйства в городских лесах необходим ретроспективный анализ их состояния, лесоводственно-таксационной структуры, санитарно-гигиенических и ландшафтно-эстетических характеристик. Полученная при этом информация может стать объективной основой для обоснования системы мероприятий, направленных на повышение экологической и рекреационной ценности насаждений.

Для планирования работ по ликвидации последствий незаконных рубок, в частности, погрузочно-разгрузочных работ и транспортных расходов, необходимы нормативы для определения объемов порубочных остатков. Это связано с тем, что эти остатки имеют специфическую структуру и в городских лесах во многих случаях подлежат вывозке в отведенные места утилизации.

В последние годы признается перспективность применения беспилотных летательных аппаратов (БЛА) для решения лесохозяйственных задач (Коршунов, 2015). В этой связи актуальной задачей является поиск БЛА с техническими характеристиками, позволяющими эффективно решить задачи ведения хозяйства в городских лесах.

**Степень разработанности темы.** В научной литературе имеется большое количество публикаций, посвященных таксации, состоянию, устойчивости и рекреационным качествам городских насаждений (Гальперин, Николин, 1971; Кулагин, 1974; Таран, 1985; Николаевский, 1999; Шевелина и др., 2016; и др.). Однако, в настоящее время актуальной целостной информации о структуре и динамике насаждений на территории МО «город Екатеринбург» нет. Не достаточно изучены возможности использования БЛА при организации и ведения хозяйства в городских лесах.

Диссертация является законченным научным исследованием.

**Цель и задачи исследований.** Основная цель работы – анализ состояния, структуры и динамики насаждений, разработка нормативной базы по ликвидации последствий незаконных рубок и предложений по повышению эффективности ведения хозяйства на основе применения БЛА в городских лесах МО «город Екатеринбург».

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

1. Ретроспективный анализ с учетом подчиненности лесов:

- распределения общей площади городских лесов по категориям земель;
- структуры и динамики насаждений городских лесов;
- санитарно-гигиенических и ландшафтно-эстетических характеристик насаждений.

2. Разработка лесотаксационных нормативов по оценке объемов порубочных остатков, оставляемых в процессе незаконных рубок и их апробация при проведении производственных работ по очистке мест рубок.

3. Оценка возможностей использования БЛА с известными техническими харак-

теристиками для решения конкретных производственных задач при организации и ведении хозяйства в городских лесах.

4. Разработка предложений по повышению эффективности лесохозяйственных и лесопарковых мероприятий

**Научная новизна.** Впервые в современных границах МО «город Екатеринбург» получена актуальная информация о лесоводственно-таксационных, санитарно-гигиенических и ландшафтно-эстетических характеристиках насаждений, позволяющая оценить экологический и рекреационный потенциал городских лесов. Выявлено, что за последние десятилетия заметно ухудшилось большинство показателей, характеризующих рекреационную ценность лесопарков: класс эстетической оценки, класс устойчивости, балл рекреационной оценки, стадия рекреационной дигрессии. Разработаны лесотаксационные нормативы по оценке объемов порубочных остатков, оставляемых при незаконных рубках. Доказана перспективность адресного использования БЛА малых классов при лесопожарном мониторинге и инспектировании качества выполнения хозяйственных мероприятий в городских лесах.

**Теоретическая и практическая значимость работы.** Результаты исследований расширяют знания о состоянии, структуре и динамике городских лесов МО «город Екатеринбург» и могут служить теоретической, информационной и методической базой для осуществления лесохозяйственных и лесопарковых мероприятий в них. Обоснованы перспективные направления использования БЛА при организации и ведении хозяйства в городских лесах. Разработанные лесотаксационные нормативы по оценке объемов порубочных остатков, оставляемых при незаконных рубках, прошли производственную проверку при очистке мест рубок в четырех выделах.

Теоретические и прикладные результаты исследований используются в учебном процессе и научной работе УГЛТУ.

**Методология и методы исследований.** В основу исследований положен многоаспектный ретроспективный анализ состояния и структуры городских лесов с использованием лесоустроительных материалов разных лет. При составлении нормативов по оценке объемов порубочных остатков корректно использованы математические модели надземной фитомассы деревьев и множественный регрессионный анализ. При проведении опытов с БЛА и составлении ортофотопланов местности использовано специальное программное обеспечение.

**Положения, выносимые на защиту:**

1. За последние годы в городских лесах на фоне увеличения рекреационных нагрузок и возраста насаждений усилились негативные тенденции в изменении их лесоводственно-таксационных, санитарно-гигиенических и ландшафтно-эстетических характеристик.

2. Корректные лесотаксационные нормативы по оценке объема порубочных остатков от незаконных рубок с значительно меньшими затратами составляются на основе действующих моделей надземной фитомассы деревьев;

3. БЛА малых классов в режиме фотосъемки позволяют на более качественном уровне решать задачи организации лесопожарного мониторинга и инспектирования качества выполнения хозяйственных мероприятий в городских лесах.

**Достоверность и обоснованность результатов** обеспечивается использованием полной базы лесоустроительных данных при оценке структуры и динамики городских лесов и достаточного объема экспериментального материала при составлении нормативов и проведении опытов с БЛА, а также применением современных методов и компьютерных программ при обработке и интерпретации результатов.

**Апробация работы.** Основные результаты и положения исследований доложены на международных (Пенза, 2016, 2017; Екатеринбург, 2014, 2015, 2017, 2019) и всероссийских (Екатеринбург, 2008, 2016) научных конференциях.

**Личный вклад автора.** Автор принимал непосредственное участие в постановке цели и задач исследований, в выборе методики работ, сборе экспериментальных материалов, их обработке, анализе, обобщении и апробации полученных результатов.

**Публикации.** По теме диссертации опубликованы 13 работ, в т.ч. 4 в изданиях, рекомендованных ВАК РФ.

**Структура и объем работы.** Диссертация состоит из введения, 7 глав, заключения, списка литературы из 217 наименований (в т.ч. 7 на иностранных языках). Материал изложен на 183 страницах, содержит 30 таблиц, 32 рисунка.

## **1. ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЙ**

Территория МО «город Екатеринбург» расположена в Зауральской холмисто-предгорной провинции в пределах южной подзоны лесной зоны (Колесников и др., 1974). Район исследований характеризуется умеренно континентальным климатом, основными чертами которого являются холодная и продолжительная зима, прохладное лето, резкая изменчивость погодных условий (Кувшинова, 1968). Рельеф территории – типичный для низкогорной части Среднего Урала, выровненный, с чертами увалисто-холмистого ландшафта. Наиболее распространенными почвами являются дерново-подзолистые. В пределах городской застройки они подвержены антропогенному воздействию, встречаются насыпные и перемешанные почвы и почвогрунты – урбаноземы. На значительной части района исследований воздух и почвы загрязнены выбросами промышленных предприятий и автомобильного транспорта.

Почвенно-климатические условия в районе исследований в целом благоприятны для роста лесных насаждений. Однако загрязненность воздуха и почвы, связанная с функционированием мегаполиса, снижают показатели роста древесных растений и их экологические и социальные функции.

## **2. СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА**

Изучению лесоводственно-таксационной структуры городских и пригородных лесов, их санитарно-гигиенических, рекреационных и эстетических функций посвящено большое количество работ (Белов, 1964; Гальперин, Николин, 1971; Лунц, 1974; Бобров, 1977; Илькун, 1978; Николаевский, 1979; Кулагин, Сергейчик, 1982; Чистякова, 1988; Лосев, Журина, 2001; Горохов, 2005; Шевелина и др., 2008; Афолина, 2010; Суслов, 2011; Мусин, 2013; Тарасова, 2013; Бунькова, Залесов, 2016; Лебедев, 2019).

Городские леса постоянно испытывают влияние неблагоприятных антропогенных факторов (рекреационных нагрузок, загрязнения воздуха, почвы и воды). Характер реакций растений на эти факторы, их состояние в техногенной среде являлись предметом многочисленных исследований (Кулагин, 1961, 1974; Николаевский, 1979; Таран, 1985; Неверова, 2002; Бойко, 2005; Шарифуллин, 2005; Ковязин, Беляева, 2007; Авдеева, 2008; Блонская, Зотова, 2010; Байчибаева, 2011; Аминова, 2016; Меншиков и др., 2016; Колтунов, 2017; Гиниятуллин, 2019; Кочкин, 2019 и др.). В условиях растущей урбанизации роль городских лесов неуклонно возрастает. Для обоснования хозяйственных мероприятий, направленных на повышение их средозащитных функций необходимы данные о их лесоводственно-таксационной структуре.

В последние годы в число наиболее разрушительных для лесных экосистем антропогенных факторов, безусловно, следует добавить незаконные рубки леса (Кабанец и др., 2013). Неэффективное правоприменение в сфере лесных отношений приводит к

их резкому увеличению, в том числе в лесах, входящих в защитный пояс населенных пунктов (Нагимов и др., 2019). Последствия незаконных рубок в городских лесах с учетом выполняемых ими функций чрезвычайно опасны. Для планирования работ по их ликвидации необходимы нормативы для определения объемов порубочных остатков, которые остаются на месте рубки.

Увеличение масштабов техногенного загрязнения окружающей среды и незаконных рубок на фоне резкого сокращения численности сотрудников лесной охраны, требует новых технологических решений в области охраны леса и мониторинга состояния лесных экосистем. В этом плане особое внимание заслуживает внедрение в лесное хозяйство БЛА (Коршунов, 2015; Бусаров и др., 2016; Денисов и др., 2016; Петушкова, Потапова, 2018). Особенно эффективными они могут быть при решении природоохранных задач на ограниченных территориях городских лесов.

### **3. ПРОГРАММА, МЕТОДИКА И ОБЪЕМ ВЫПОЛНЕННЫХ РАБОТ**

#### **3.1. Программа исследований**

Программа исследований разработана в соответствии с целью исследований и поставленными для ее достижения задачами.

#### **3.2. Основные положения методики исследований**

##### **3.2.1. Анализ структуры и динамики городских лесов**

Объектами исследований явились городские леса МО «город Екатеринбург», находящиеся в городской (площадь лесов составляет 2934,8 га), областной (12094,8 га) и федеральной (29306,4 га) собственности. Леса областного подчинения представлены 15 лесопарками, а федерального – частями 4-х лесничеств: Березовского, Билимбаевского, Верх-Исетского и Сысертского. Для лесов федерального подчинения нами создана общая по выделенной электронной база данных.

Основой для исследований явились материалы лесоустройства и лесохозяйственных регламентов: по лесам областного подчинения за 1956, 1986, 1997 и 2014 годы, по лесам муниципального подчинения за 2014 год с изменениями от 2017 и по лесам федерального подчинения за 2004 год.

При изучении структуры и динамики городских лесов независимо от их подчиненности была принята следующая схема. На первом этапе изучалось распределение площади лесов по категориям земель. На втором этапе производился детальный анализ структуры земель, покрытых лесной растительностью. При выполнении настоящих исследований использованы по выделенные электронные базы данных. Все расчетные и графические работы производились в программе МО Excel.

С учетом имеющихся в нашем распоряжении материалов, анализ структуры и динамики лесов областного подчинения (лесопарков) проводился в ретроспективе за период с 1956 по 2014 гг., а лесов федерального и муниципального подчинений – по материалам последнего лесоустройства.

##### **3.2.2. Анализ санитарно-гигиенических и ландшафтно-эстетических характеристик насаждений**

В городских лесах областного и муниципального подчинений наряду с обычной была проведена ландшафтная таксация с целью определения ландшафтно-эстетических и санитарно-гигиенических характеристик насаждений. Ландшафтная таксация насаждений двух наиболее крупных лесопарков (Шарташского и имени лесоводов России) проведена сотрудниками кафедры лесной таксации и лесоустройства УГЛТУ при участии диссертанта.

Анализ ландшафтных, эстетических и экологических показателей проводился на

основе распределения площадей лесотаксационных выделов по следующим показателям: типам ландшафта, классам эстетической оценки, баллам рекреационной оценки, классам устойчивости и стадиям рекреационной дигрессии.

### **3.2.3. Разработка нормативов по оценке порубочных остатков, оставляемых в процессе незаконных рубок**

В основу нормативов по оценке порубочных остатков, положены математические модели, разработанные на кафедре лесной таксации и лесоустройства УГЛТУ для совмещения фитомассы структурных частей крон деревьев ( $P_i$ ) с таблицами объемов стволов (Нагимов, 2000).

При очистке мест рубок от оставленных крон (особенно, если она производится путем транспортировки их в пункты утилизации) в большей степени востребованы нормативы, позволяющие оценить объемы порубочных остатков в складочной мере. Поэтому проводился перевод весовых показателей ветвей и хвои в объемные с использованием коэффициентов плотности этих фракций фитомассы (Усольцев, Нагимов, 1988; Загреев и др., 1992), полндревесности ветвей (Загреев и др., 1992; Ушаков, 1994) и насыпной плотности хвои (Вторичные материальные ресурсы ..., 1983).

Помимо крон на местах незаконных рубок остаются вершинные бревна. В подавляющем большинстве случаев это отрезки ствола в кроновой части дерева. Для дополнения разрабатываемых нормативов данными по объемам этих бревен с использованием кафедральной базы данных модельных деревьев вычислялись уравнения зависимости объема отрезка ствола в кроновой части дерева ( $V_{oc}$ ) от высоты ( $H$ ) и диаметра ствола на высоте груди ( $D$ ) по разработанной нами структуре:

$$\ln V_{oc} = a_0 + a_1 \ln H + a_2 \ln D \quad (3.1)$$

### **3.2.4. Исследования по определению перспективных направлений использования беспилотных летательных аппаратов**

Проводилась оценка возможностей использования квадрокоптера Phantom 3 Advanced (DGI) при ведении хозяйства в городских лесах.

Перспективность использования БЛА при организации лесопожарного мониторинга изучалась на основе сравнения экономических, временных и трудовых затрат обнаружения лесных пожаров системой дистанционного наблюдения «Лесохранитель», бригадой наземного патрулирования и мобильной бригадой с квадрокоптером.

Для оценки возможности использования БЛА при инспектировании качества выполнения хозяйственных мероприятий в городских лесах были подобраны различные объекты хозяйственной деятельности (разработанные делянки, участки с проведенными мероприятиями по лесовосстановлению, рекреационные участки). Затем была проведена съемка территории этих объектов с помощью цифровой камеры квадрокоптера и получены 506 снимков и ортофотопланы. Данные с ортофотопланов сравнивались с соответствующими материалами натуральных изысканий.

## **3.3. Объем выполненных работ**

Для решения программных вопросов выполнен следующий объем работ: проведен анализ структуры городских лесов (площадь 44336 га), создана общая повыдельная электронная база данных для лесов федерального подчинения (29306,4 га), выполнена оценка изменений ландшафтно-эстетических и санитарно-гигиенических характеристик насаждений (15029,6 га), определены объемы ствола в кроновой части у 200 модельных деревьев, проведена апробация нормативов по оценке порубочных остатков на четырех вырубках общей площадью 33,9 га, с помощью цифровой камеры квадрокоптера получены 506 фотоснимков и ортофотопланы.

## **4. СТРУКТУРА И ДИНАМИКА ГОРОДСКИХ ЛЕСОВ МО «ГОРОД ЕКАТЕРИНБУРГ»**

### **4.1. Структура и динамика насаждений лесопарков**

#### **4.1.1. Структура и динамика общей площади лесопарков по категориям земель**

Общая площадь лесопарков г. Екатеринбурга в 2014 г. составляла 12094,8 га. За анализируемый период (с 1956 по 2014 г.) она уменьшилась на 1172 га (на 8,8 %). К числу позитивных изменений следует отнести некоторое увеличение (на 3,9%) доли земель, покрытых лесной растительностью, существенное увеличение (в 2,6 раза) площади лесных культур хозяйственно-ценных видов и сокращение (в 2,85 раза) площади земель, непокрытых лесной растительностью.

В динамике площадей нелесных земель выделяются два периода. Для первого периода (1956-1997 г.г.) характерно их сокращение (с 1963,4 га до 1303 га), а для второго (1997-2014 г.г.) – наоборот, увеличение (с 1303 до 1625,2 га). Последнее обстоятельство в основном связано с усилением болотообразовательного процесса в последние десятилетия. Происходит быстрое зарастание озера Шувакиш в Шувакишском лесопарке и заболачивание поймы реки Исеть – в Оброшинском.

#### **4.1.2. Динамика распределения площади насаждений лесопарков по лесоводственно-таксационным показателям**

В лесопарках при создании ландшафтно-планировочной системы, особое внимание уделяется видовому составу насаждений. В 1986 году в лесопарках города произрастало 16 древесно-кустарниковых растений, а 2014 г. – уже 22. Среди них выделено 4 хвойных, 5 твердолиственных, 7 мягколиственных видов, 3 вида деревьев второй (третьей) величины и 3 вида кустарников.

На протяжении всего исследуемого периода в лесопарках доминируют хвойные виды. Наблюдается устойчивое сокращение их площади: в 1986 году площадь с преобладанием хвойных составляла 8770,1 га (82% от общей лесопокрытой площади), а в 2014 г. – 7726,2 га (75,2%). Таким образом, в лесопарках г. Екатеринбурга наблюдается общая для всех лесов Среднего Урала тенденция в изменении площадей, занятых хвойными и мягколиственными видами.

Среди хвойных видов по площади доминирует сосна. Ее доля по этому показателю за исследуемый период составляла более 99%. В мягколиственном хозяйстве преобладают площади, занятые березой, удельный вес которых в указанном хозяйстве варьировал от 92,7 до 95,6%. Суммарная доля площадей сосновых и березовых насаждений в общей площади, покрытой лесной растительностью земель, на протяжении всего анализируемого периода превышала 97%. Таким образом, несмотря на значительное количество древесных видов, все они кроме сосны и березы не играют существенной роли в функционировании существующих лесопарковых композиций.

Наблюдается негативная динамика в возрастной структуре насаждений лесопарков. За анализируемый период в хвойном хозяйстве произошло заметное сокращение площади средневозрастных насаждений (их доля снизилась с 82,2 до 19,7%) и накопление спелых и перестойных (удельный вес спелых насаждений увеличился с 10,1 до 47,8%, а перестойных – с 0,0 до 11,9%). В этом хозяйстве в настоящее время только участие средневозрастных (19,7%) и припевающих (19,2%) насаждений близко к оптимальному. Площадь молодняков крайне не достаточна, ее удельный вес составляет всего 1,4%. По мягколиственному хозяйству за исследуемый период также произошло

заметное сокращение доли средневозрастных насаждений (с 71,8 до 27,2%) и увеличение перестойных (с 0,7 до 9,0%). В целом в настоящее время возрастная структура насаждений лесопарков далека от оптимальной. За исследуемый период она заметно ухудшилась, что свидетельствует о необходимости корректировки содержания и объемов лесопарковых мероприятий.

В лесопарках произрастают преимущественно насаждения высокой производительности (2 класс бонитета и выше), доля которых по площади составляет более 70,0%. За анализируемый период средний класс бонитета несколько изменился: снизился у хвойных (с 2,1 до 2,2) и мягколиственных (с 2,2 до 2,4), повысился у твердолиственных (с 3,1 до 2,0). На наш взгляд снижение среднего класса бонитета в первую очередь связано с увеличением возраста насаждений. Доминируют устойчиво-свежие и свежие, периодически влажные группы типов леса, суммарная доля которых на протяжении анализируемого периода превышала 92%. Это делает лесопарки города привлекательными для организации отдыха и ведения лесопаркового хозяйства.

Средняя полнота насаждений лесопарков за анализируемый период снизилась с 0,75 до 0,71. Этот процесс наиболее выражен у мягколиственных (с 0,79 до 0,72) и твердолиственных (с 0,74 до 0,64) насаждений и наименее – у хвойных (с 0,74 до 0,71). Данную тенденцию также можно объяснить повышением возраста насаждений.

#### **4.2. Лесоводственно-таксационная структура насаждений городских лесов муниципального подчинения**

##### **4.2.1. Распределение общей площади городских лесов муниципального подчинения по категориям земель**

По данным лесоустройства 2017 г. общая площадь городских лесов муниципального подчинения равна 2934,8 га. На данной территории преобладают лесные земли, площадь которых составляет 2546,2 га (86,8% от общей площади). В составе лесных земель доминируют земли, покрытые лесной растительностью (2426,2 га или 95,3% от площади лесных земель). Леса в основном представлены насаждениями естественного происхождения. Площадь лесных культур чрезвычайно мала (53,9 га).

Земли, непокрытые лесной растительностью, занимают 120,0 га (4,1% от площади городских лесов). В основном они представлены пустырями (52,3 га) и гарями (13,9 га). Нелесных земель на исследуемой территории мало (388,6 га или 13,2%). В их составе преобладают болота (230 га).

##### **4.2.2. Распределение площади насаждений в городских лесах муниципального подчинения по лесоводственно-таксационным показателям**

Видовой состав насаждений бедный. На данной территории произрастают всего 7 древесно-кустарниковых видов: 3 хвойных, 1 твердолиственный и 3 лиственных. Преобладают хвойные насаждения (1578,2 га или 65,1% от лесопокрытой площади). Среди них доминируют сосняки (99,2 % по площади). В мягколиственном хозяйстве (847,9 га) преобладают березовые насаждения, доля которых составляет 98,9%.

Распределение площадей насаждений по группам возраста крайне неравномерное. По хвойному хозяйству наблюдается накопление спелых (32,6%) и перестойных (27,0%) насаждений. Здесь также высока доля средневозрастных насаждений (22,9%), а участие молодняков (3,5%) крайне недостаточно. Средний возраст насаждений составляет 116 лет. В мягколиственном хозяйстве наблюдается доминирование спелых насаждений (57,3%). Средний возраст насаждений – 73 года.

В хвойном хозяйстве значительную площадь занимают высокопроизводительные насаждения (1а, 1 и 2 классов бонитета), суммарная доля которых составляет 68,7%. Довольно значительно участие насаждений очень низкой производительности (5, 5а и 5б классов). Их удельный вес равен 22,5%. В мягколиственном хозяйстве преобладают

насаждения 4 класса бонитета (42,7% по площади), достаточно высока доля насаждений 2 класса (25,6%). Примерно одинаковым удельным весом характеризуются насаждения 3 (12,4%) и 5 (13,3%) классов бонитета. В целом, хвойные насаждения более производительны (средний класс бонитета – 2,8), чем лиственные (3,4). Доминируют устойчиво-свежие и свежие, периодически влажные типы леса. Суммарная доля насаждений в этих типах леса составляет 61,7%. Это свидетельствует о достаточно высоком рекреационном потенциале этих лесов

На анализируемой территории наибольшее распространение имеют среднеполнотные (с полнотой 0,5-0,8) насаждения. Они в хвойном хозяйстве занимают 88,8% площади, а в мягколиственном – 92,3%. Представленность высокополнотных насаждений (с полнотой 0,8-1,0) составляет 7,1%, а низкополнотных (с полнотой 0,3-0,4) – крайне мала (2,9%). Средняя полнота насаждений по всем хозяйствам одинаковая и составляет 0,68.

### **4.3. Лесоводственно-таксационная структура насаждений городских лесов федерального подчинения**

#### **4.3.1. Распределение общей площади городских лесов федерального подчинения по категориям земель**

Общая площадь городских лесов федерального подчинения составляет 29306,4 га. Лесные земли занимают 25917,6 га или 88,5%. В составе их доминируют земли, покрытые лесной растительностью (25681 га, 99,1%). Преобладают насаждения естественного происхождения. Лесные культуры произрастают на площади 655,9 га, что составляет всего 2,5% от площади земель, покрытых лесной растительностью. Площадь нелесных земель равна 3388,8 га (11,5% от общей площади). В их составе наибольшими площадями отличаются просеки и дороги – 950 га (28%), сенокосы (ландшафтные поляны) – 764 га (22,5%) и болота – 739 га (21,8%).

#### **4.3.2. Распределение площади насаждений в городских лесах федерального подчинения по лесоводственно-таксационным показателям.**

На рассматриваемой территории произрастают насаждения 10 древесно-кустарниковых видов. Преобладают хвойные виды, их доля в лесопокрытой площади составляет 75,1%. Основными лесообразующими видами являются сосна и береза, на долю которых приходится 98,1% площади (73,9 и 24,2%, соответственно).

Среди сосняков и березняков преобладают насаждения 2 класса бонитета. Их доля по площади в сосняках составляет 59,2%, а в березняках – 35,9%. Довольно значительную площадь (по сосне 21,3%, по березе – 22,2%) занимают насаждения высшей производительности (1-1б классов бонитета). Доля насаждений низкой производительности (4-5б классов бонитета) среди сосняков (10,5%) значительно ниже, чем среди березняков (26,9%).

Возрастную структуру насаждений нельзя считать удовлетворительной. В хвойном хозяйстве выделяются средневозрастные (56,8%) и приспевающие (25,0%) насаждения, а в мягколиственном – средневозрастные (40,8%), приспевающие (21,8%) и спелые (30,6%). Участие молодняков и в хвойном (3,1%) и в мягколиственном (1,4%) хозяйствах, с которыми связаны перспективы функционирования городских лесов, совершенно недостаточно.

В рассматриваемых лесах наибольшее распространение имеют среднеполнотные насаждения с полнотой 0,5-0,8 (86,2%). Достаточно велико участие в составе лесных массивов высокополнотных насаждений с полнотой 0,9-1,0 (12,8%). Доля низкополнотных (0,3-0,4) насаждений крайне незначительна (до 1,0%). Отмеченная закономерность в распределении площади насаждений по полнотам характерна также для наиболее представленных в рассматриваемых лесах сосняков и березняков.

Преобладают устойчиво-свежие и свежие, периодически влажные группы типов леса, площадь которых составляет 21009,5 га (81,8%).

## **5. САНИТАРНО-ГИГИЕНИЧЕСКИЕ И ЛАНДШАФТНО-ЭСТЕТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГОРОДСКИХ ЛЕСОВ**

### **5.1. Динамика санитарно-гигиенических и ландшафтно-эстетических характеристик насаждений лесопарков**

#### **5.1.1. Типы ландшафтов**

На протяжении анализируемого периода (с 1986 по 2014 г.г.) в лесопарках города преобладали закрытые пространства. Площадь их в 1986 году составляла 10131,8 га (81,6 % от общей площади), а в 2014 году – 9060 га (76,0%). Площадь полуоткрытых ландшафтов за этот период возросла с 562,8 га (4,5%) до 1214,3 (10,2%), а открытых – практически не изменилась (1729,2 га в 1986 г. и 1646,2 – 2014 г.). В целом, в настоящее время соотношение типов ландшафта в лесопарках не укладывается в рамки имеющих в специальной литературе (Гусев и др., 1981) рекомендаций: в них чрезмерно высока доля закрытых ландшафтов и недостаточна – полуоткрытых.

#### **5.1.2. Классы эстетической оценки**

На территории лесопарков представлены ландшафтные участки, относящиеся ко всем трем классам эстетической ценности. За анализируемый период произошли существенные изменения в распределении площадей насаждений по классам эстетической оценки: доля насаждений первого класса эстетической ценности уменьшилась с 67,9 до 39,5%, насаждений второго класса увеличилась с 22,5 до 49,5%, а насаждений третьего класса осталась практически на одном уровне (9,6% в 1986 г. и 11,1 в 2014 г.). Наблюдается устойчивое ухудшение среднего класса эстетической ценности: в 1986 г. он составлял 1,42, в 1997 г. – 1,60, а в 2014 г. – 1,72.

Основными причинами снижения декоративных и эстетических качеств ландшафтных участков являются увеличение рекреационных нагрузок и техногенных загрязнений, а также накопление спелых и перестойных насаждений.

#### **5.1.3. Рекреационная оценка**

За анализируемый период произошло заметное ухудшение рекреационных качеств лесопарков: существенно сократились площади насаждений с высокой рекреационной оценкой (с 59,3 до 18,3%) и возросли с средней (с 38,4 до 67,1%) и низкой (с 2,3 до 14,6%) оценками. Средний балл рекреационной оценки в 1986 г. равнялся 1,43, в 1997 г. – 1,63, в 2014 г. – 1,96.

Приведенные материалы свидетельствуют, что за период с 1986 по 2014 гг. в лесопарках г. Екатеринбурга объемы мероприятий по благоустройству территории и улучшению санитарного состояния насаждений на фоне увеличения рекреационных нагрузок были недостаточными.

#### **5.1.4. Классы устойчивости**

В лесопарках на протяжении всего анализируемого периода преобладающими являются насаждения первого класса устойчивости. Однако доля их существенно уменьшилась (с 80,0 до 54,4%). Это произошло за счет увеличения площадей насаждений второго класса (с 19,0 до 41,6%). Представленность насаждений 3 и 4 классов устойчивости незначительна. В целом лесопарках наблюдается неуклонное снижение устойчивости насаждений. Средний класс устойчивости составлял в 1986 г 1,21, в 1997 г. – 1,44 и в 2014 г. – 1,50.

#### **5.1.5. Стадии рекреационной дистрессии**

В начале анализируемого периода в лесопарках встречались только насаждения первых трех стадий дистрессии. Причем доля насаждений первой стадии (без заметных

негативных изменений) по площади составляла 80,3%. Анализируемый период характеризовался обострением негативных изменений в биогеоценозах. Резко уменьшилось участие насаждений первой стадии дигрессии (с 80,3 до 49,8%), возросло насаждений второй (с 18,9 до 46,5%) и третьей (от 0,8 до 3,2%), появились насаждения четвертой (0,2%) и пятой (0,3%) стадий с явными негативными изменениями, во многих случаях необратимыми. Такие изменения можно объяснить не корректным режимом рекреационной деятельности в лесопарках в этот период.

## **5.2. Санитарно-гигиеническая и ландшафтно-эстетическая характеристика насаждений городских лесов муниципального подчинения**

### **5.2.1. Типы ландшафтов**

Городские леса муниципального подчинения характеризуются существенным преобладанием закрытых ландшафтов. Их площадь составляет 2106,3 га или 86,8% от общей площади городских лесов. Закрытые ландшафты в основном представлены насаждениями с горизонтальной сомкнутостью (88,9%). Среди полуоткрытых ландшафтов лесных участков с равномерным размещением деревьев (214,3 га) значительно больше, чем с групповым (105,2 га). Площадь открытых ландшафтов крайне мала (0,4 га). В целом, соотношение типов ландшафтов в исследуемых лесах нельзя признать удовлетворительным.

### **5.2.2. Классы эстетической оценки**

В исследуемых лесах преобладают насаждения первого класса эстетической ценности. Их площадь составляет 995,0 га (41% от общей площади насаждений). Площади насаждений второго (766,8 га) и третьего (664,4 га) классов примерно одинаковы. Средний класс эстетической оценки насаждений составляет 1,86.

Приведенные данные свидетельствуют, что в городских лесах муниципального подчинения необходимо увеличить объемы лесохозяйственных мероприятий, направленных на повышение эстетических качеств насаждений.

### **5.2.3. Рекреационная оценка**

На территории городских лесов преобладают насаждения со средней рекреационной оценкой, площадь которых составляет 1285 га (53% от общей площади). Близкими площадями характеризуются насаждения с высокой (589,1 га, 24,3%) и низкой (552,1 га, 22,7%) оценками.

Средний балл рекреационной оценки рассматриваемых насаждений (1,99) почти равен этому показателю насаждений лесопарков (1,96).

### **5.2.4. Классы устойчивости**

Степень устойчивости насаждений достаточна высока. Преобладают насаждения первого (1388,6 га, 57,2%) и второго (854,2 га, 35,2%) классов устойчивости. Площади насаждений третьего (180,6, 7,5%) и четвертого (2,8 га, 0,1%) в лесах не значительны. Средний класс устойчивости насаждений городских лесов муниципального подчинения, как и лесопарков, составляет 1,50.

### **5.2.5. Стадии рекреационной дигрессии**

В настоящее время распределение площади насаждений в относительном выражении по стадиям рекреационной дигрессии в анализируемых городских лесах практически такое же, как в лесопарках. Доля площади насаждений первой стадии дигрессии составляет 46,1%, второй – 49,0%, третьей – 4,8% и четвертой – 0,1%.

## 6. РАЗРАБОТКА НОРМАТИВОВ ПО ОЦЕНКЕ ПОРУБОЧНЫХ ОСТАТКОВ, ОСТАВЛЯЕМЫХ В ПРОЦЕССЕ НЕЗАКОННЫХ РУБОК

Незаконные рубки резко снижают рекреационные и эстетические свойства насаждений, ухудшают их санитарное состояние, а также являются причиной возникновения и распространения лесных пожаров. Для планирования работ по ликвидации последствий незаконных рубок необходимы нормативы для определения объемов порубочных остатков. Важность разработки таких нормативов обусловлена следующим. Во-первых, порубочные остатки вблизи крупных населенных пунктов во многих случаях целесообразно вывезти с территории вырубki в специально отведенные места утилизации. При этом для планирования погрузочно-разгрузочных работ и транспортных расходов необходимы данные об объемах этих остатков. Во-вторых, порубочные остатки после незаконных рубок и традиционных рубок спелых и перестойных насаждений отличаются по структуре.

### 6.1. Разработка нормативов по оценке объемов порубочных остатков

Методической основой данных исследований явилось использование для составления нормативов по оценке порубочных остатков математических моделей, разработанных на кафедре лесной таксации и лесоустройства УГЛТУ, для совмещения фитомассы структурных частей крон деревьев сосны ( $P_i$ ) с таблицами объемов стволов (тал. 6.1).

Таблица 6.1 Показатели уравнений вида  $\ln P_i = a_0 + a_1 \ln(D:H) + a_2 \ln V + a_3 \ln A$

Фракция фитомассы	Коэффициенты (числитель) и значения t-критерия (знаменатель)				$R^2$	№ уравнения
	$a_0$	$a_1$	$a_2$	$a_3$		
Крона (хвоя + ветви)	5,7662	$\frac{1,7561}{25,10}$	$\frac{0,7440}{43,00}$	$\frac{-0,3278}{6,93}$	0,963	(6.1)
Хвоя	5,8656	$\frac{1,5499}{18,11}$	$\frac{0,7302}{34,10}$	$\frac{-0,6223}{11,04}$	0,933	(6.2)

В уравнениях (6.1) и (6.2) показатели деревьев:  $A$  – возраст;  $V$  – объем;  $D$  – диаметр;  $H$  – высота.

При составлении нормативов с использованием возраста деревьев и показателей  $D:H$  и  $V$ , взятых по ступеням толщины из объемных таблиц соответствующего разряда высот по уравнениям (6.1) и (6.2) определялись, соответственно, масса крон и масса хвои в свежем состоянии. Разность между этими показателями соответствует массе ветвей. С учетом того, что таблицы разрабатывались для применения в спелых древостоях, возраст деревьев принимался равным 110 годам. Информативность и востребованность подобных нормативов значительно возрастают, если в них наряду с весовыми показателями будут представлены и объемные, которые необходимы, прежде всего, при планировании транспортных расходов. Для перехода от весовых показателей ветвей и хвои в объемные, использовались имеющиеся в специальной литературе данные о плотности сосновой хвои, древесины и коры ветвей (Усольцев, Нагимов, 1988; Загреев и др., 1992; Нагимов, 2000).

На производстве при выполнении задач по очистке мест рубок в большей степени востребованы нормативы, позволяющие оценить объемы порубочных остатков в складочной мере. В случае с ветвями при переходе от плотных кубометров в складочные использовались коэффициенты полнодревесности ветвей (Загреев и др., 1992; Ушаков, 1994), а случае с хвоей складочный объем определялся как произведение массы на насыпную плотность (Вторичные материальные ресурсы ..., 1983).

На заключительном этапе были определены объемы вершинной части ствола (вершинного бревна), оставляемой на месте незаконных рубок. На материале 200 модельных деревьев, взятых для определения надземной фитомассы деревьев, разработано уравнение зависимости объема отрезка ствола в кроновой части дерева ( $V_{oc}$ ) от высоты ( $H$ ) и диаметра ствола на высоте груди ( $D$ ) согласно структуре (3.1). Оно характеризуется следующими статистическими показателями:

$$\ln V_{oc} = -12,8421 - 0,4289 \ln H + 3,4493 \ln D, R^2 = 0,866 \quad (6.3)$$

$$t_0 = -42,01 \quad t_1 = -1,53 \quad t_2 = 18,86$$

В целом приведенные материалы позволяют считать разработанное уравнение корректным и адекватным экспериментальным данным. На основе его с использованием значений  $H$  и  $D$  взятых из таблиц объемов получены соответствующие данные по ступеням толщины для включения их в разрабатываемые таблицы. Фрагмент разработанной оценочной таблицы по 3 разряду высот приведен в табл.6.1.

Таблица 6.1 – Оценочная таблица для определения объема порубочных остатков в спелых древостоях сосны 3 разряда высот

Диаметр, см	Фитомасса, кг		Объем в складочной мере, м <sup>3</sup>			Объем остатка ствола в плот- ной мере, м <sup>3</sup>
	ветвей	хвои	Кроны	в том числе		
				ветвей	Хвои	
1	2	3	4	5	6	7
16	9,36	4,00	0,1170	0,0996	0,0174	0,0102
24	29,10	11,38	0,3591	0,3096	0,0495	0,0384
32	68,22	24,84	0,8337	0,7257	0,1080	0,1003

### 6.2. Апробация нормативов по оценке объемов порубочных остатков

Апробация разработанных нормативов проводилась 2019 г. при очистке от порубочных остатков 4 участков, пройденных незаконными рубками, на территории бывшего Мало-Истокского лесничества.

После обнаружения незаконных вырубок при помощи квадрокоптера была проведена их съемка. Затем в программе AgiSoft PhotoScan получены ортофотопланы мест незаконных рубок, по которым определены их границы и площади.

На каждой вырубке проводился пересчет пней по ступеням толщины 2 см. После этого с использованием специальной таблицы (Загреев и др., 1992) осуществлялся перевод диаметров стволов на высоте пня в диаметры на высоте груди и получена традиционная пересчетная ведомость стволов, которые были незаконно вырублены. На основе материалов этой пересчетной ведомости и разработанных нормативов определены запасы порубочных остатков на вырубках. В целом, на оцениваемой территории после рубки 2555 деревьев сосны осталось 4310 складочных кубометров ветвей (хмыза) и 639 плотных кубометров вершинного бревна. Оценить запасы хвои не удалось, так как на момент обследования мест рубок она уже опала с ветвей.

Полученные данные послужили основой для составления сметы по обоснованию стоимости выполнения работ по очистке мест незаконных рубок от порубочных остатков. В ходе этих производственных работ доказана высокая точность и корректность разработанных нами нормативов. Потребность в транспортных средствах и других механизмах для очистки мест рубок, определенная по вычисленным запасам порубочных остатков, соответствовала фактическим объемам выполненных работ (различия составляли менее 10%).

## **7. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ ПРИ ВЕДЕНИИ ХОЗЯЙСТВА В ГОРОДСКИХ ЛЕСАХ**

### **7.1. Организация лесопожарного мониторинга с использованием БЛА**

В настоящее время на территории муниципального образования для обнаружения лесных пожаров развернута система дистанционного мониторинга «Лесохранитель». Проведенные нами специальные исследования показали, что из-за особенностей рельефа более 25% охраняемой территории не просматриваются камерами данной системы. Для оперативного обнаружения лесных пожаров в «слепых» (не просматриваемых видеокамерами) зонах проложены три маршрута наземного патрулирования (протяженностью 87, 91 и 115 км), по которым в настоящее время производится мониторинг лесов специальными бригадами наземного патрулирования. Нами проведены исследования по оценке эффективности работы по обнаружению пожаров бригадой наземного патрулирования и мобильной бригадой с квадрокоптером. С этой целью на каждом маршруте с учетом рельефа местности и характеристик насаждений были подобраны и закреплены на местности несколько удобных для запуска БЛА пунктов (всего 12 пунктов). При патрулировании (на автомобиле Нива со скоростью 40-50 км/час) мобильная бригада на каждом пункте при помощи БЛА получала реальную пожарную ситуацию.

Для оценки экономической эффективности двух вариантов обнаружения лесных пожаров (бригадой наземного патрулирования и мобильной бригадой с квадрокоптером) по каждому из них составлена калькуляция затрат на 1 смену работ. Выявлено, что себестоимость одной смены мобильной бригады с квадрокоптером составляет 3338,65 руб., а бригады наземного патрулирования значительно выше – 27201,72 руб.

Таким образом, совместное использование для обнаружении лесных пожаров системы дистанционного мониторинга «Лесохранитель» и мобильной бригады с квадрокоптером обеспечивает ранее обнаружение очагов возгорания при минимальных экономических затратах.

### **7.2. Использование беспилотных летательных аппаратов для инспектирования выполнения лесохозяйственных мероприятий**

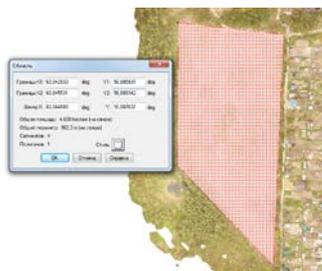
Известно, что радиус эффективного действия БЛА, особенно малых классов, ограничен. Поэтому особенно перспективным представляется их использование при ведении хозяйства на ограниченных площадях, в частности в городских лесах. Для проверки этого положения в лесах муниципального образования были подобраны различные объекты хозяйственной деятельности. Затем была проведена съемка территории этих объектов с помощью цифровой камеры квадрокоптера Phantom 3 Advanced и получены соответствующие ортофотопланы. Данные с ортофотопланов сравнивались с материалами натуральных изысканий.

#### **7.2.1. Контроль соблюдения параметров технологической карты при разработке лесосек**

На первом этапе по ортофотопланам двух вырубок 2017 года производился контроль соответствия параметров вырубок (расположения в квартале, формы и площади) материалам отвода (абрису) делянок. Для этого ортофотопланы вырубок и векторный слой квартальной сети экспортировались в ГИС MapInfo Professional. На основе векторизации границ делянки определялись ее местоположение и площадь. На рис. 7.1 показано сравнение ортофотоплана одной вырубки с ее абрисом.



а



б

Рисунок 7.1 – Материалы по вырубке, расположенной в квартале 28 Березовского участка Березовского лесничества: а – абрис, б – ортофотоплан

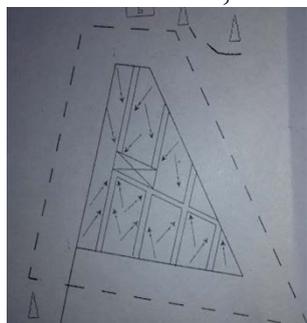
В целом результаты данных исследований свидетельствуют о соответствии указанных параметров вырубке материалам абриса и перспективности использования БЛА при решении подобных задач.

На втором этапе оценивалась возможность использования ортофотопланов для контроля качества очистки делянки от порубочных остатков. В ходе исследования было установлено, что ортофотопланы позволяют однозначно определить метод очистки и качество уборки порубочных остатков на вырубке, установить наличие на вырубке невывезенной древесины и определить ее ориентировочный объем (рис. 7.2).



Рисунок 7.2 – Ортофотопланы вырубке, расположенной в квартале 28 Березовского участка Березовского лесничества

На третьем этапе выполнены исследования о возможности использования БЛА при контроле за соблюдением схемы разработки лесосеки. Ортофотопланы вырубок сопоставлялись с соответствующими схемами разработки лесосек (рис. 7.3). Установлено, что они позволяют корректно определить фактическое расположение волоков и погрузочных площадок, их соответствие технологическим картам, выявить нарушения схемы разработки лесосек, в частности заезды трелевочного трактора в пасеки.



а



б

Рисунок 7.3 – Сравнение схемы разработки и ортофотоплана лесосеки, расположенной в квартале 32 Березовского участка Березовского лесничества: а – схема разработки лесосеки; б – ортофотоплан вырубке

### 7.2.2. Инспектирование показателей проекта лесовосстановления

При подготовке проектов лесовосстановления и создании лесных культур важно располагать данными о количестве пней на 1 га и качестве подготовки почвы. Для оценки возможности использования для получения таких данных БЛА на двух вырубках заложены пробные площади, границы которых перенесены на ортофотопланы. Результаты исследований позволяют констатировать, что разрешение ортофотоснимков позволяет с точностью, достаточной для подготовки проекта лесовосстановления, определить количество пней на участке рубки (рис. 7.4), оценить соответствие проекту процента обработанной площади, расстояний между бороздами, направлений и качества подготовки борозд.



Рисунок 7.4 – Определение количества пней на вырубках

а – квартал 28; б – квартал 32 Березовского участка Березовского лесничества

### 7.3. Адресная аэрофотосъемка при подготовке проектов освоения лесов

Исследования возможности применения БЛА при разработке проектов освоения лесов осуществлены на примере лесного участка (в квартале 3 Березовского участка Березовского лесничества), переданного под вид пользования «рекреация». При проведении работы на ортофотоснимок были перенесены границы участка, взятые в Управлении федеральной службы государственной регистрации кадастра и картографии. В результате исследований с точностью, достаточной для подготовки проекта, получена тематическая карта с привязкой всех объектов инфраструктуры и дорожно-тропиночной сети рекреационного участка. Данные, полученные после оцифровки объектов, позволили рассчитать общую площадь участка, площади и размеры каждого объекта инфраструктуры, проверить правильность размещения объектов в границах, утвержденных договором.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные исследования позволяют сделать следующие обобщения и выводы.

На территории всех трех объектов, входящих в состав городских лесов (лесов городского, областного и федерального подчинений), преобладают лесные земли. Доля их по площади в лесах различной подчиненности составляет от 86,6 до 88,5%. В составе лесных земель преобладают земли, покрытые лесной растительностью (от 95,3 до 99,1%), а в составе последних – естественные насаждения (от 93,6 до 97,8%).

Несмотря на достаточно большое количество древесно-кустарниковых видов (от 7 в лесах муниципального подчинения до 22 в лесопарках), все они кроме сосны и березы не играют существенной роли в формировании ландшафтов и экологической обстановки. Это объясняется абсолютным доминированием сосновых и березовых насаждений (их суммарная доля составляет от 97,6 до 99,1%).

Возрастная структура лесов характеризуется высокой долей спелых и перестойных насаждений и чрезвычайно малым участием молодняков (на всех трех объектах их удельный вес не превышает 2-4%).

Анализ площадей различных категорий земель и показателей насаждений лесопарков в ретроспективе позволяет отметить следующее. Изменения в структуре площадей за анализируемый период не существенны. Однако следует отметить увеличение площади нелесных земель (с 1303 до 1625,2 га) в последние годы, связанное с усилением заболачивания территории некоторых лесопарков.

За анализируемый период произошло некоторое увеличение количества произрастающих в лесопарках древесно-кустарниковых видов (с 14 до 22), наблюдалось устойчивое сокращение площадей хвойных (на 6,8%) и увеличение лиственных (на 6,7%) видов. Заметно ухудшилась возрастная структура насаждений: произошло существенное сокращение площади средневозрастных насаждений (по хвойному хозяйству с 82,2 до 19,7%, по мягколиственному – с 71,8% до 27,2%) и накопление спелых и перестойных насаждений (с 10,1 до 59,7% и с 13,0 до 48,8%). С увеличением возраста насаждений, на наш взгляд, связаны ухудшение их среднего класса бонитета (с 2,1 до 2,2 у хвойных и с 2,2 до 2,4 – у мягколиственных) и снижение полноты (с 0,74 до 0,71 у хвойных и 0,79 до 0,72 – мягколиственных).

За 28-летний период в той или иной мере ухудшились все показатели, определяемые для лесов рекреационного назначения: средний класс эстетической ценности (с 1,42 до 1,72), балл рекреационной оценки (с 1,43 до 1,96), класс устойчивости (с 1,21 до 1,50), стадия рекреационной дигрессии (с 1,20 до 1,50). Основными причинами такой ситуации являются резкое возрастание рекреационных нагрузок и количества лесных пожаров и недостаточный объем мероприятий по благоустройству территорий и улучшению санитарного состояния насаждений.

Соотношение типов ландшафта в лесопарках изменилось не существенно. В настоящее время оно далеко от оптимума: чрезмерно высока доля закрытых ландшафтов (76,0%), и совершенно недостаточно участие полукрытых (10,2%) и открытых (13,8%).

В следствие отсутствия единой структуры управления городскими лесами в них наблюдается резкое увеличение незаконных рубок. Корректные лесотаксационные нормативы по оценке объема порубочных остатков от незаконных рубок с значительно меньшими затратами составляются на основе действующих моделей надземной фитомассы деревьев. Простота в использовании и высокая точность таких нормативов обеспечиваются на основе стыковки данных по массе (объемам) порубочных остатков с применяемыми на производстве таблицами объемов стволов, составленными по разрядам высот. Объем вершинного бревна, оставляемого при незаконных рубках, с высокой точностью рассчитывается на основе уравнения множественной регрессии, определяющими факторами в котором являются диаметр и высота ствола. Выявлено, что у деревьев одинакового диаметра длина отрезка ствола в кроновой части, а, следовательно, и их объем уменьшаются с увеличением высоты. Для удобства использования нормативов на производстве при очистке мест рубок (в частности при определении потребности в транспорте и других механизмах) данные по порубочным остаткам следует представлять в объемных единицах, причем для кроны – в складочных кубометрах.

Использование БЛА при ведении хозяйства на сравнительно ограниченной территории городских лесов позволяет решать многие производственные задачи на более качественном уровне, с меньшими затратами труда и средств. В частности, применение БЛА малых классов наземными группами лесной охраны позволяет существенно уменьшить время обнаружения очагов возгорания и затраты на мониторинг лесных пожаров.

Ортофотопланы, полученные при помощи БЛА, могут успешно применяться при

инспектировании качества выполнения различных лесохозяйственных мероприятий: при контроле соответствия параметров вырубке материалам отвода деленок (по площади, форме, правильности размещения вырубки в границах выдела); при проверке качества очистки деланки от порубочных остатков (по соответствию метода и качества очистки) и соблюдения схемы разработки лесосеки (по соответствию фактического размещения волоков и погрузочных площадок данным технологической карты); при определении количества пней на вырубке для подготовки проекта лесовосстановления и качества подготовки почвы (по проценту обработанной площади, расстоянию между бороздами, направлению и качеству подготовки их).

Для повышения эстетической и экологической ценности насаждений и эффективности производственной деятельности в городских лесах необходимо:

- в лесокультурное производство активно внедрять такие породы как лиственница, ель, кедр, липа, клен; культуры этих пород могут успешно произрастать на исследуемой территории и конкурировать с сосной и березой;

- разработать программу мер по планомерному омоложению насаждений, особенно в лесопарках;

- обеспечить в лесопарках ландшафтными рубками постепенную оптимизацию соотношения типов ландшафта;

- разработать мероприятия по предотвращению процессов заболачивания на территориях Шувакишского и Оброшинского лесопарков;

- разработать режим рекреационной деятельности, направленный на предотвращение негативных изменений санитарно-гигиенических и ландшафтно-эстетических характеристик насаждений лесопарков.

- внедрять БЛА малых классов для адресной аэрофотосъемки лесных участков при осуществлении производственной деятельности в городских лесах.

Для планирования работ по ликвидации последствий незаконных рубок составлены нормативы для определения объемов порубочных остатков, оставляемых на месте рубки.

### **Список работ, опубликованных по теме диссертации**

#### *Публикации в изданиях из перечня ВАК РФ:*

1. Шевелина, И.В. Характеристика лесного фонда зеленой зоны в пределах муниципального образования «г. Екатеринбург» / И.В. Шевелина, З.Я. Нагимов, **Д.В. Метелев** // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – №1-1. – URL:sciense-education.ru/ru/article/view?id=18547(дата обращения 01.12.2015).

2. Шевелина, И.В. Динамика лесоводственно-таксационных показателей насаждений лесопарков города Екатеринбурга / И.В. Шевелина, **Д.В. Метелев**, З.Я. Нагимов // Успехи современного естествознания. – 2016. – №6. – С. 125-131.

3. Шевелина, И.В. Ретроспективный анализ рекреационного потенциала насаждений лесопарков города Екатеринбурга / И.В. Шевелина, **Д.В. Метелев**, З.Я. Нагимов // Природообустройство. – 2016. – №4. – С.104-109.

4. Шевелина, И.В. Разработка нормативов по оценке объемов порубочных остатков, оставляемых в процессе самовольных рубок / З.Я. Нагимов, И.В. Шевелина, И.С. Сальникова, **Д.В. Метелев** // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. – 2019. – Вып. 226. – С. 33-46.

#### *Публикации в иных изданиях:*

5. Гончаренко, А.П. Разработка методики создания цифровой карты зеленых насаждений г.Екатеринбурга с использованием ГИС-технологий / А.П. Гончаренко,

**Д.В. Метелев**, Е.В. Цветков, И.Ф. Коростелев, И.В. Шевелина // Научное творчество молодежи – лесному комплексу России: матер. IV Всерос. науч.-техн. конф. студентов и аспирантов. – Екатеринбург: УГЛТУ, 2008. – Ч.4.2. – С. 131-133.

6. Шевелина, И.В. Использование современных технологий для определения высоты растущего дерева / И.В. Шевелина, К.П. Протасова, **Д.В. Метелев**, И.Ф. Коростелев // Лесотехнические университеты в реализации концепции возрождения инженерного образования: социально-экономические и экологические проблемы лесного комплекса: матер. X Междунар. науч.-техн. конф. – Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2015. – С. 243-246.

7. Колчин, К.В. Анализ типологической структуры насаждений в границах муниципального образования "г. Екатеринбург" / К.В. Колчин, **Д.В. Метелев**, И.В. Шевелина // Студенческий научный форум: матер. X Междунар. студенческой электронной науч. конф. – М.: РАЕ, 2016. – URL: [scienceforum.ru/2016/article/2016022156](http://scienceforum.ru/2016/article/2016022156).

8. Климов Д.С. Надземная фитомасса сосновых древостоев зеленой зоны Екатеринбурга / Д.С. Климов, Е.Д. Коновалов, **Д.В. Метелев**, И.В. Шевелина, З.Я. Нагимов // Научное творчество молодежи – лесному комплексу России: матер. XII Всерос. науч.-техн. конф. студентов и аспирантов. – Екатеринбург: УГЛТУ, 2016. Ч.2.– С. 74-76.

9. Бусаров, П.А. Сравнительная характеристика квадрокоптеров для использования в лесном хозяйстве / П.А. Бусаров, **Д.В. Метелев**, И.В. Шевелина // Студенческий научный форум: матер. VIII Междунар. студенческой электронной науч. конф. – М.: РАЕ, 2017. – URL: [scienceforum.ru/2017/article/2017032264](http://scienceforum.ru/2017/article/2017032264).

10. Бусаров, П.А. Квадрокоптер и его использование в лесном хозяйстве / П.А. Бусаров, **Д.В. Метелев**, И.В. Шевелина // Лесная наука в реализации концепции уральской инженерной школы: социально-экономические и экологические проблемы лесного сектора экономики: матер. XI Междунар. науч.-техн. конф. – Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2017. – С. 181-182.

11. Шевелина, И.В. Надземная фитомасса сосновых древостоев городских лесов Екатеринбурга / И.В. Шевелина, **Д.В. Метелев**, Е.В. Курдюков, Е.Д. Коновалов, В.А. Шерстнев // Лесная наука в реализации концепции уральской инженерной школы: социально-экономические и экологические проблемы лесного сектора экономики: матер. XI Междунар. науч.-техн. конф. – Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2017. – С. 247-248.

12. Морозова, А.О. Использование квадрокоптеров в практике лесного хозяйства / А.О. Морозова, **Д.В. Метелев**, И.В. Шевелина / Научное творчество молодежи – лесному комплексу России: матер. XV Всерос. науч.-техн. конф. – Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2019. – С. 429-432.

13. **Metelev, D.V.** Structure of the Forest Fund of Forest Green Zone in Yekaterinburg / **D.V. Metelev**, E.S. Serebriakov, I.V. Shevelina // Леса России и хозяйство в них. – 2014. – №3(50). – С. 82-84.

Отзывы на автореферат просим направить в 3 экземплярах по адресу: 620100, г. Екатеринбург, Сибирский тракт, 37, УГЛТУ, ученому секретарю диссертационного совета Д212.281.01 Магасумовой А.Г. e-mail: [dissovet.usfeu@mail.ru](mailto:dissovet.usfeu@mail.ru)

Подписано в печать 03.07.2020 г. Объем 1,0 авт.л. Заказ № 129. Тираж 100.  
620100, г. Екатеринбург, Сибирский тракт, 37. ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет». РИО, сектор оперативной полиграфии.