

ФГБОУ ВО «УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ЛЕСОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

На правах рукописи

**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

**ДИССЕРТАЦИЯ**

на соискание ученой степени

кандидата сельскохозяйственных наук

Научный руководитель:

доктор сельскохозяйственных наук,

профессор Нагимов Зуфар Ягфарович

Екатеринбург – 2020

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	5
1. ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ .....	9
УСЛОВИЯ РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЙ.....	9
1.1. Географическое положение .....	9
1.2. Климат .....	9
1.3. Рельеф.....	11
1.4. Гидрология.....	12
1.5. Почвы .....	12
1.6. Экологические условия .....	13
1.7. Структура лесных насаждений муниципального образования «город Екатеринбург» .....	15
2. СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА .....	17
3. ПРОГРАММА, МЕТОДИКА И ОБЪЕМ ВЫПОЛНЕННЫХ РАБОТ .....	30
3.1. Программа исследований .....	30
3.2. Основные положения методики исследований.....	30
3.2.1. Анализ структуры и динамики городских лесов.....	30
3.2.2. Анализ санитарно-гигиенических и ландшафтно-эстетических характеристик насаждений.....	37
3.2.3. Разработка нормативов по оценке порубочных остатков, оставляемых в процессе незаконных рубок .....	40
3.2.4. Исследования по определению перспективных направлений использования беспилотных летательных аппаратов .....	44
3.3. Объем выполненных работ .....	46
4. СТРУКТУРА И ДИНАМИКА ГОРОДСКИХ ЛЕСОВ.....	50
4.1. Структура и динамика насаждений городских лесов областного подчинения.....	50
4.1.1. Структура и динамика общей площади по категориям земель .....	51
4.1.2. Динамика распределения площади насаждений по лесоводственно-таксационным показателям .....	54

4.2. Лесоводственно-таксационная структура насаждений городских лесов муниципального подчинения .....	66
4.2.1. Распределение общей площади по категориям земель .....	66
4.2.2. Распределение площади насаждений по лесоводственно-таксационным показателям .....	68
4.3. Лесоводственно-таксационная структура насаждений городских лесов федерального подчинения .....	74
4.3.1. Распределение общей площади по категориям земель .....	75
4.3.2. Распределение площади насаждений по лесоводственно-таксационным показателям .....	77
<b>5. САНИТАРНО-ГИГИЕНИЧЕСКИЕ И ЛАНДШАФТНО-ЭСТЕТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГОРОДСКИХ ЛЕСОВ .....</b>	<b>89</b>
5.1. Динамика санитарно-гигиенических и ландшафтно-эстетических характеристик насаждений лесопарков .....	89
5.1.1. Типы ландшафтов .....	89
5.1.2. Классы эстетической оценки .....	91
5.1.3. Рекреационная оценка .....	93
5.1.4. Классы устойчивости .....	95
5.1.5. Стадии рекреационной дигрессии .....	96
5.2. Санитарно-гигиеническая и ландшафтно-эстетическая характеристика насаждений городских лесов муниципального подчинения .....	98
5.2.1. Типы ландшафтов .....	98
5.2.2. Классы эстетической оценки .....	99
5.2.3. Рекреационная оценка .....	99
5.2.4. Классы устойчивости .....	100
5.2.5. Стадии рекреационной дигрессии .....	100
<b>6. РАЗРАБОТКА НОРМАТИВОВ ПО ОЦЕНКЕ ПОРУБОЧНЫХ ОСТАТКОВ, ОСТАВЛЯЕМЫХ В ПРОЦЕССЕ НЕЗАКОННЫХ РУБОК.....</b>	<b>103</b>
6.1. Разработка нормативов по оценке объемов порубочных остатков .....	104
6.2. Апробация нормативов по оценке объемов порубочных остатков .....	112

7. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ И ВЕДЕНИИ ХОЗЯЙСТВА В ГОРОДСКИХ ЛЕСАХ.....	116
7.1. Организация лесопожарного мониторинга с использованием беспилотных летательных аппаратов.....	116
7.2. Использование беспилотных летательных аппаратов для инспектирования выполнения лесохозяйственных мероприятий .....	126
7.2.1. Контроль соблюдения параметров технологической карты при разработке лесосек .....	129
7.2.2. Инспектирование показателей проекта лесовосстановления.. .....	137
7.3. Адресная аэрофотосъемка при подготовке проектов освоения лесов ...	141
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	147
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ .....	156

## ВВЕДЕНИЕ

**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 «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, лесохозяйственного регламента а, следовательно, актуальной структурированной информации о состоянии лесов. На этом фоне наблюдается резкое увеличение самовольных рубок, которые снижают рекреационные и эстетические свойства насаждений, ухудшает их санитарное состояние и усиливают пожарную опасность.

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

Для планирования работ по ликвидации последствий самовольных 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 многих 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 специальной литературе имеется значительное количество работ, посвященных таксации, состоянию, устойчивости и

рекреационным качествам городских насаждений (Гальперин, 1967; Кулагин, 1974; Гусев и др., 1981; Гиниятуллин, 2019 и др.). Однако, в настоящее время актуальной целостной информации о структуре и динамике насаждений на территории муниципального образования «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 муниципального образования «город Екатеринбург».

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

1. Ретроспективный анализ с учетом подчиненности лесов (федеральное, областное и муниципальное):

- распределения общей площади городских лесов по категориям земель;
- структуры и динамики земель городских лесов, покрытых лесной растительностью;

- санитарно-гигиенических и ландшафтно-эстетических характеристик насаждений лесопарков.

2. Разработка лесотаксационных нормативно-справочных материалов по оценке количества порубочных остатков, оставляемых на территории городских лесов в процессе незаконных рубок и их апробация при проведении производственных работ по очистке мест рубок.

3. Оценка возможностей использования БЛА с известными техническими характеристиками 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 муниципального обра-

зования «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 три десятилетия заметно ухудшилось большинство показателей, характеризующих рекреационную ценность лесопарков: класс эстетической оценки, класс устойчивости, балл рекреационной оценки, стадия рекреационной дигрессии. Разработаны лесотаксационные нормативно-справочные материалы по оценке количества порубочных остатков, оставляемых при незаконных рубках. Доказана перспективность адресного использования БЛА малых классов в режиме фотосъемки при лесопожарном мониторинге и инспектировании качества выполнения различных хозяйственных мероприятий в городских лесах.

**Теоретическая и практическая значимость работы.** Результаты исследований расширяют знания о состоянии, структуре и динамике городских лесов муниципального образования «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 самовольных рубках, прошли производственную проверку при очистке мест рубок в четырех выделах.

В образовательной и научной деятельности УГЛТУ используются теоретические и прикладные результаты исследований.

**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 три десятилетия 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 самовольных рубок с значительно меньшими затратами составляются на основе действующих моделей надземной фитомассы деревьев, состыкованных с таблицами объемов стволов.

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, 2015, 2017) и всероссийских (Екатеринбург, 2008, 2016; 2019) 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 странице, содержит 30 таблиц, 32 рисунков.

# 1. ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЙ

## 1.1. Географическое положение

Район исследования – это территория муниципального образования «город Екатеринбург», границы которого были установлены в 1997 году. Общая площадь муниципального образования составляет 1143 кв. км.

На 1.01.1991 г. численность постоянного населения г. Екатеринбург составляла 1352 тыс. чел., а на 1.01.2017 г. – 1488,4. За 26 лет население увеличилось на 136,4 тыс. чел. (Стратегический план ..., 2018).

Город Екатеринбург, динамично развивающийся промышленный, научный, образовательный и культурный центр Российской Федерации. Расположен на границе Европы и Азии. Екатеринбург является не только областным центром, он имеет статус столицы Уральского федерального округа (Екатеринбург: энциклопедия..., 2002; Поршнева, Казакова-Апкаримова, 2015). За последнее время возрастает его финансово-экономическая роль, он становится связующим звеном в международных коммуникациях (Архипова, 2007, Беляева, 2016).

В соответствии с лесорастительным районированием муниципальное образование «город Екатеринбург» расположено в Западно-Сибирской равнинной области, в подзоне южной тайги, Зауральской холмисто-предгорной провинции (Колесников и др., 1973).

## 1.2. Климат

Климат в городе формируется под воздействием воздушных масс, приходящих с Атлантического океана. Они, продвигаясь над территорией Европейской части материка, изменяют свои свойства: происходит потеря влаги, в холодное время года остывают, летом – происходит перегрев. Это основные черты континентальности климата (Капустин, Корнев, 2006).

В табл.1.1 представлены среднемесячные климатические показатели для района исследований. Зима достаточно холодная, самым холодным месяцем года яв-

ляется январь, его средняя температура составляет  $-15,5^{\circ}\text{C}$ . Лето теплое, наиболее жаркий месяц – июль, со средней температурой  $+17,2^{\circ}\text{C}$ . Средняя годовая температура воздуха не превышает  $+1,2^{\circ}\text{C}$ . Наблюдается превышение температур весенних месяцев над осенними, например, температура апреля составляет  $+2,7^{\circ}\text{C}$ , октября –  $+1,2^{\circ}\text{C}$ , температура мая –  $+10^{\circ}\text{C}$ , сентября –  $+9,2^{\circ}\text{C}$ .

Таблица 1.1 – Среднемесячные климатические показатели г. Екатеринбург  
(Научно-прикладной справочник ..., 1990)

Месяц	Температура, ( $^{\circ}\text{C}$ )			Относительная влажность воздуха, %	Сумма осадков, мм	Скорость ветра, м/с
	минимальная	максимальная	средняя			
1	-18,8	-13,7	-15,5	79	20	3,5
2	-17,5	-8,7	-13,6	74	17	3,6
3	-11,3	-1,9	-6,9	70	20	3,8
4	-1,8	8,4	2,7	62	26	3,7
5	4,6	16,3	10,0	56	49	3,7
6	10,1	21,5	15,1	62	69	3,4
7	12,5	23,1	17,2	68	84	3,0
8	10,1	20,4	14,9	72	74	2,9
9	5,3	14,2	9,2	74	45	3,4
10	-1,6	4,7	1,2	77	36	4,0
11	-9,4	-3,5	-6,8	79	30	4,1
12	-16,2	-9,8	-13,1	80	27	3,6
Год	-2,8	6,1	1,2	71	497	3,6

Для растений опасны, как поздние весенние, так и ранние осенние заморозки. Самые поздние весенние заморозки наблюдались 12 июня 1898 и 1919 гг. и ранние осенние – 18 августа 1901 г. Продолжительность безморозного периода в среднем составляет 116 дней (Научно-прикладной справочник ..., 1990).

Важными климатическими показателями являются даты, характеризующие устойчивый переход среднесуточной температуры воздуха через следующие градации  $0^{\circ}\text{C}$ ,  $+5^{\circ}\text{C}$ ,  $+10^{\circ}\text{C}$  (Климат России, 2001; Садоков и др., 2012). Для г. Екатеринбурга средняя дата устойчивого перехода средней суточной температуры через  $0^{\circ}\text{C}$  приходится на 6 апреля, через  $+5^{\circ}\text{C}$  – 23 апреля. Процессы метаболизма у древесных видов подзоны южной тайги протекают при среднесуточной температуре воздуха  $+10^{\circ}\text{C}$  и почвы  $+5^{\circ}\text{C}$  (Ткаченко, 1955; Полевой, 1989). Продол-

жительность данного периода составляет в районе исследований 117 дней. Древесным растениям этого достаточно для прохождения годичного цикла развития.

Район исследования относится к зоне достаточного увлажнения (Климат Свердловска, 1981). За год выпадает в среднем 497 мм осадков, из них с мая по сентябрь выпадает 321 мм (64,6%). Самым влажным месяцем является июль. С октября по апрель выпадает небольшое количество осадков – 176 мм (35,4%) (Научно-прикладной справочник ..., 1990). Высота снежного покрова невелика, в среднем составляет около 43 см, в пригородной зоне больше – 49 см. Почва промерзает до глубины 80 см (Фирсова, Павлова, 1983). Снег накапливается равномерно (Фирсова, 1977). Устойчивый снежный покров устанавливается в начале ноября, начинает таять в марте и разрушается в начале апреля. Число дней со снежным покровом составляет в среднем 167 дней (Научно-прикладной справочник ..., 1990). Среднегодовая температура почвы составляет +2°C.

Для Екатеринбурга типичны: туман, дымка, в холодное время года: изморозь.

На территории города преобладающими направлениями ветра можно выделить западное, юго-западное и северо-западное. Средняя годовая скорость ветра составляет 3,6 м/с (Научно-прикладной справочник ..., 1990), на открытых пространствах – 4 м/с, на закрытых древесными растениями – 3 м/с (Климат Свердловска, 1981).

В целом, климат района исследований умеренно континентальный, характеризующийся резкой изменчивостью погоды, большой амплитудой дневной и ночной температур, выраженными сезонами года и низкой влажностью воздуха (Капустин, Корнев, 2006).

### 1.3. Рельеф

Территория города располагается на границе восточных предгорий Среднего Урала и Зауральской складчатой возвышенности (Климат Свердловска, 1981). По данным В.И. Уткина с соавт. (2004) Екатеринбург находится в Восточной геологической зоне Восточно-Уральской мегазоны (Уткин и др., 2004).

Рельеф имеет черты грядово-холмистого ландшафта, который типичен для

низкогорной части Среднего Урала. В меридиональном направлении вытянуты гряды и увалы (Фирсова, Ржанникова, 1966). Их высотные отметки не превышают 200-300 м (Уткин и др., 2004).

Большая часть территории исследования выровнена. Можно выделить невысокие горки, сложенные из массивно-кристаллических пород. Самым высоким горным массивом на территории города является Уктусско-Елизаветинский, его высота около 350 м (Климат Свердловска, 1981). Имеются и возвышения, заросшие лесом – это Медвежка, Пшеничная и другие. Хорошо известны и так называемые «каменные палатки»: на территории города – Шарташские и Гамаюн, за пределами городской черты – Палкинские, Чертово городище и др.

Почвообразующими породами являются элювий и делювий третичных отложений и древне-аллювиальные отложения (Лебедев, 1949, 1956).

#### **1.4. Гидрология**

В основном реки в окрестностях Екатеринбурга относятся к бассейну Тобола (например, реки Исеть и Пышма и их притоки). Небольшая часть рек, например, река Чусовая относится к бассейну Камы. Питание рек характеризуется как смешанное. На 50% снеговое, в теплое время года – дождевое и грунтовое (Климат Свердловска, 1981).

Река Исеть делит город на две части. В пределах городской черты она перегорожена плотинами и образует цепочку прудов: Городской, Верх-Исетский, Нижне-Исетский, Парковый (Климат Свердловска, 1981).

На территории города и его окрестностей достаточно много красивых озер: Шарташ, Шувакиш, Песчаное и др.

#### **1.5. Почвы**

Горные породы на территории исследований характеризуются различной структурой, минералогическим составом, поэтому они образуют различные по механическому составу продукты выветривания, что сказывается на механическом составе почв (Фирсова, Павлова, 1983). На территории муниципального об-

разования распространены дерново-подзолистые, серые лесные, слабо развитые оподзоленные щебневатые и каменистые и, наконец, торфянисто-болотные почвы (Лебедев, 1949, 1956; Головина, 1962).

По механическому составу почвы суглинистые и глинистые (Лебедев, 1956).

Почвенный покров городских территорий значительно отличается от покрова окрестностей (Головина, 1962). В пределах городской черты преобладают насыпные и перемещенные почвы и почвогрунты (Головина, 1962; Климат Свердловска, 1981).

### **1.6. Экологические условия**

В связи с ростом населения, развитием промышленности территория городов и пригородных зон подвергаются всестороннему загрязнению (Мамин, 1995), в том числе и тяжелыми металлами (Титов и др., 2014). Основной причиной нарушения устойчивости лесных экосистем являются техногенные загрязнения (Смит, 1985).

«Современный крупный город с населением численностью 1 млн. человек потребляет ежедневно 31,5 тыс. т кислорода, 625 тыс. т воды, .... В то же время в результате жизнедеятельности города в окружающую среду ежедневно выбрасываются 28,5 тыс. т углекислого газа, 500 тыс. т сточных вод, 450 т окиси углерода, 150 т пыли, десятки тысяч тонн твердых отходов, сотни тонн различных химических веществ» (Горохов, 1991, с. 10). Происходит загрязнение атмосферы, поверхностных и грунтовых вод и почвы (Экология города, 2008).

Наблюдение за состоянием атмосферного воздуха в городе Екатеринбург осуществляют ФГБУ «Уральское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды» по данным наблюдательной сети 8 стационарных постов и ГКУ СО «Центр экологического мониторинга и контроля» – измерительных комплексов «СКАТ».

Показатель суммарной нагрузки атмосферных загрязнений на население в 2018 г. Екатеринбурге составляет 4,76. Это соответствует высокому уровню загрязнения атмосферного воздуха и вызывает риск заболевания у населения (О со-

стоянии санитарно-эпидемиологического ..., 2018). В 2013 г. данный показатель равнялся 9,63. В городе предприятия проводят модернизацию технологических процессов. В частности, такая работа производилась ОАО «Жировой комбинат», ОАО «СИЗ» и др. (О состоянии санитарно-эпидемиологического ..., 2019).

В 2017 г. были зафиксированы превышения нормативов содержания в атмосферном воздухе по следующим загрязняющим веществам: оксид и диоксид азота, диоксид серы, оксид углерода, пыль мелкодисперсная, сероводород (О состоянии и об охране ..., 2018). Основными загрязнителями атмосферного воздуха в г. Екатеринбург в 2018 году явились: диоксид серы, формальдегид, никель, магний, хром. Их среднегодовые значения концентраций увеличились по сравнению с 2017 годом (О состоянии санитарно-эпидемиологического ..., 2019).

Основным загрязнителем атмосферного воздуха г. Екатеринбурга является автотранспорт. Выхлопные газы поступают в городской застройке в приземный слой воздуха (Фельдман, 1975). Общий объем выбросов в атмосферный воздух от автотранспорта в г. Екатеринбург равняется 194,5 тыс. т, что составляет 88,7% от общего объема загрязнения атмосферы. Основная доля загрязнений приходится на оксид углерода (77,1%), оксид азота (11,2%) и летучие органические соединения (10,9%). Выхлопные газы содержат более 1200 компонентов, из них более 200 можно определить количественно (Лосев, Журина, 2001).

В последнее время в крупных городах, в т.ч. и в Екатеринбурге, наблюдается видимое загрязнение воздуха (смог) – это ядовитая смесь дыма, тумана и пыли (Реймерс, 1990; Коробкин, Передельский, 2007).

В Екатеринбурге средний уровень шума достигает в среднем 73 – 83 дБ, в зоне жилых районов уровень шума равняется 65 – 80 дБ, при предельно допустимом уровне 40дБ (Основы оценки ..., 2004).

По данным Х.Г Якубова (2019) в городах наступает кризис развития, который включают в себя достаточно быстрые темпы роста и постоянные изменения окружающей среды.

Индикатором качества среды может являться здоровье человека (Коробкин, Передельский, 2007). Неблагоприятные изменения качества среды обитания чело-

века в городе доказываются медико-демографическими показателями, в частности, высоким уровнем заболеваемости, ростом генетических болезней и появлением новых, сокращением продолжительности жизни (Почва, город, ..., 1997). Например, в 2017 году в г. Екатеринбург произошло увеличение показателя общей заболеваемости всего населения к среднемноголетнему уровню на 15,9% и на 5,3% к уровню 2016 г., по заболеваниям органов дыхания – на 14,8% и 5,5%, соответственно (О состоянии и об охране ..., 2018).

В связи с постоянно увеличивающимся уровнем загрязнения окружающей среды важное значение принадлежит озеленению городов (Chiesura, 2004).

### **1.7. Структура лесных насаждений муниципального образования «город Екатеринбург»**

В настоящее время на территории муниципального образования «город Екатеринбург» экологические и средозащитные функции выполняют городские леса, общая площадь которых равняется 44336 га, из них площадь земель, покрытых лесной растительностью составляет 38379,9 га или 86,5% от общей площади. Все они вместе образуют мощный защитный лесной пояс города. Результаты наших предыдущих исследований (Meteliev et al., 2014; Шевелина и др., 2015) свидетельствуют, что представленные на изучаемой территории категории защитных лесов резко отличаются по площади. Наибольшую площадь (29306,4 га или 66,1% от общей площади защитных насаждений) занимают насаждения городских лесов, находящихся в федеральной собственности. Площадь лесопарков города равняется 12094,8 га или 27,3%. Городские леса, находящиеся в муниципальной собственности, располагаются на площади 2934,8 га или 6,6%.

#### **Выводы по главе:**

1. Район исследований характеризуется умеренно континентальным климатом, основными чертами которого являются холодная и продолжительная зима, прохладное лето, резкая изменчивость погодных условий.
2. Рельеф территории выровненный с чертами увалисто-холмистого ланд-

шафта, типичный для низкогорной части Среднего Урала.

3. В районе исследования среди наиболее распространенных почв можно выделить: дерново-подзолистые, серые лесные, слабо развитые оподзоленные щебневатые и каменистые. Почвы в пределах городской застройки подвержены антропогенному воздействию, здесь преобладают насыпные и перемещенные почвы и почвогрунты.

4. Атмосферный воздух и почвы подвержены выбросам со стороны промышленных предприятий и автомобильного транспорта. Эти вредные воздействия отрицательно влияют на рост и развитие древесных растений.

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

6. На территории муниципального образования «город Екатеринбург» экологические и средозащитные функции выполняют городские леса общей площадью 44336 га. В их составе выделяются городские леса, находящиеся в федеральной (площадью 29306,4 га), областной (12094,8 га) и муниципальной (2934,8 га) собственности.

## 2. СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА

Город – это сложный комплекс, состоящий из зданий, инженерных сооружений, дорог, свободных пространств и зеленых насаждений (Лунц, 1974). Структура города формируется годами, а то и столетиями, в соответствии с историческими, культурными, демографическими, географическими и другими условиями (Блонская, Зотова, 2010). На современном этапе процесс урбанизации все более возрастает, что подтверждается цифрами: в 1976 году доля городского населения составляла 62% (Советский энциклопедический словарь, 1982), на 01.01.2019 г. – 74,6% (Население России ..., 2019). Подобная тенденция прослеживается и в городе Екатеринбург.

В современном городе среда отличается от среды естественных экосистем. Городская среда представляет собой совокупность конкретных условий, созданных природой и человеком на территории населенного пункта, оказывающих влияние на жизнедеятельность населения (Ильина, 2015). Характеризуется высокими значениями плотности городского населения и уровня загрязнения. В этих условиях значительно возрастает роль зеленых насаждений, призванных улучшать условия городской среды (Тарасова, 2013; Экология города, 2000). В городах формируется свой микроклимат, который по всем параметрам отличается от климатических показателей территории, находящейся за его пределами (Тарасова, 2013).

Объекты озеленения в городе по их функциональному назначению делятся на три основные категории: общего пользования, ограниченного пользования и специального назначения (Лунц, 1974; Ерохина и др., 1987; Боговая, Теодоронский, 2014). Эстетическая выразительность и художественное обогащение среды города достигается, в том числе, цветочным оформлением (Семенкова, 2019).

Кроме городских зеленых насаждений для улучшения экологии города за пределами городской черты выделяется зеленая зона. При установлении размера этой зоны учитываются лесорастительная зона, численность населения населенного пункта, развитие промышленности в нем и лесистость района (Основные по-

ложения..., 1971).

Екатеринбург имеет мощный пояс зеленых насаждений. В настоящее время на его территории располагаются городские леса, находящиеся в областном (все лесопарки), федеральном (оказавшиеся на данной территории при расширении ее границ) и муниципальном подчинениях, а также городские зеленые насаждения (общего и ограниченного пользования, специального назначения). Они выполняют такие функции, как природоохранные, экологические, санитарно-гигиенические и рекреационные. Все они вместе образуют мощный экологический каркас города (Шевелина и др., 2015, 2016). Знания о лесоводственно-таксационной и рекреационной структурах этих лесов являются теоретической основой для обоснования предложений по назначению хозяйственных мероприятий, по улучшению структуры насаждений и их состояния.

Они выполняют санитарно-гигиенические и эстетические функции. Насаждения являются биологическими фильтрами, которые накапливают и частично очищают атмосферный воздух (Илькун, 1978; Николаевский, 1979; Кулагин, Сергейчик, 1982). Один гектар зеленых насаждений очищает от  $\text{CO}_2$  и вредных примесей 18 млн.  $\text{м}^3$  воздуха и отфильтровывает 50 – 70 т пыли в год (Чистякова, 1988; Лосев, Журина, 2001). За день 1 га леса аккумулирует 220 – 280 кг углекислого газа, выделяет около 200 кг кислорода (Белов, 1964; Горохов, 2005). Наиболее продуктивны с точки зрения выделения кислорода являются средневозрастные насаждения, возраст которых составляет от 30 до 80 лет (Таран, Спиридонов, 1977). Установлено, что средообразующие свойства древостоев в условиях мегаполиса зависят не только от временного фактора, но и от условий внешней среды, в частности, от климата и разнообразных антропогенных воздействий (Лебедев, 2019). Результаты исследований указывают, что с увеличением площади зеленых насаждений, происходит снижение концентрации сернистого ангидрида в атмосферном воздухе. При площади лесных массивов, занимающих до 35% территории городского образования, средняя концентрация  $\text{SO}_2$  снижается до предельно допустимой (Горохов, 1991).

Зеленые насаждения снижают скорость ветра и уровень радиации, повышают

влажность воздуха (Лунц, 1974; Бобров, 1977; Ерохина и др., 1987; Горохов, 2005; Большаков, 2006; Афолина, 2010; и др.), гасят звуковые волны (Тарасов, 1986; Ерохина и др., 1987; Горохов, 2005; Афолина, 2010 и др.). Деревья, изменяют ионный состав атмосферного воздуха, повышая степень ионизации, выделяют фитонциды, которые подавляют жизнедеятельность бактерий, поэтому на территории парков их в 200 раз меньше, чем на ближайших улицах (Тарасов, 1986; Ерохина и др., 1987; Афолина, 2010; и др.).

Городские зеленые насаждения постоянно изменяются, поэтому актуальной задачей является дифференциация их территорий по функциональному назначению в комплексе со всеми системами города (Горохов, 1991). В этой связи при развитии городов генеральные планы должны максимально использовать уже имеющиеся насаждения и сохранять внешние городские зеленые насаждения (Ерохина и др., 1987).

В крупных городах, где располагаются многочисленные источники загрязнения, рекомендуются разработка схем размещения и организации санитарно-защитных зон, проведение озеленения заводских, внутридомовых и транспортных территорий с научной точки зрения (Горохов, 1991).

Городские и пригородные леса испытывают влияние значительно большего числа антропогенных факторов, чем леса, расположенные вдали от промышленных центров. Здесь возрастает роль таких деструктивных факторов, как техногенное загрязнение воздуха, почвы и воды и рекреационные нагрузки.

Деятельность человека оказывает воздействие на все компоненты урбоэкосистемы (Агаркова, 1991; Город, почва..., 1997). Растительность является самым чувствительным компонентом к незначительным изменениям окружающей среды (Афолина, 2010). В специальной литературе имеется большое количество публикаций, посвященных устойчивости различных древесно-кустарниковых пород воздействиям негативных антропогенных факторов и их состоянию в рекреационных зонах и городских условиях (Кулагин, 1961; Николаевский, 1979; Неверова, 2002; Лищинская, 2003; Бойко, 2005; Шарифуллин, 2005; Авдеева, 2008; Ковязин, Беляева, 2007; Блонская, Зотова, 2010; Байчибаева, 2011; Аминова, 2016;

Менщиков и др., 2016; Гизатуллина, 2018; Гиниятуллин, 2019; Кочкин, 2019; и др.).

Антропогенные факторы, включающие в себя техногенные загрязнения и рекреационные нагрузки, оказывают негативное воздействие на рост и состояние зеленых насаждений. Особенно это проявляется в лесных массивах вблизи крупных агломераций (Шавнин и др., 2010; Золотарева и др., 2012; Водолажский, Сериков, 2013). Действие антропогенных факторов на городские зеленые насаждения, произрастающие на территории муниципальных образований, возросло. Это приводит к деградации насаждений, а в дальнейшем и распаду (Экология города, 2008).

Р.В. Бобров утверждал, что ландшафты и типы леса находятся в постоянном динамичном развитии, что должно найти отражение в научных работах по изучению рекреационных свойств окружающей среды (Бобров, 1977). Значительный вклад в изучение городских и пригородных лесов внесли В.П. Тимофеев (1957), Н. Г. Кротова (1957, 1959), С.С. Ружицкая (1967, 1970), В. Г. Нестеров и Ю. Д. Ишин (1969), Л.О. Машинский (1973), Н.С.Казанская и др. (1977), И.В. Таран и В.И. Спиридонов (1977), Т.К. Горышина (1979), Г.А. Полякова, (1979), Г.А. Полякова, Т.В. Малышева, А.А. Флеров (1983), С.А. Дыренков (1983), И.В. Таран (1985), С.Л. Рысин (1999), Е.Г. Мозолевская (1999), А.Ф. Хайретдинов, С.И. Конашова (2002), В.Н. Седых, В.И. Барановский (2005), А.А Бойко (2005), Х.Г. Мусин и др., (2006), Н.В. Бурова и П.А Феклистов (2007), А.В. Суслов (2011), Х.Г.Мусин (2013), Л.Н. Блонская и Н.А. Зотова (2015), Г.И. Гизатуллина (2018), Нгуен Тхи Тхюи (2019), О.А. Ходачек (2019), А.А. Кочкин (2019), Р.Х. Гиниятуллин (2019) и др.. Проведение научных исследований в них связано с большими трудностями, чем в лесных массивах, расположенных вдали от городов (Шевелина и др., 2015).

На первый план в рекреационных лесах выходит задача выявления рекреационного потенциала (Бобров, 1977; Рысин, 1999; Большаков, 2006). Многие исследователи считают, что лесные массивы вблизи городов представляют собой ценные участки. Поэтому деятельность работников лесного хозяйства направлена на

улучшение их лесоводственных и рекреационных характеристик, включает в себя мероприятия, повышающие их устойчивость (Бобров, 1977; Тагирова, Кулагин, 2017). Исследованиями этих ученых установлена тенденция уменьшения площади хвойных насаждений в зеленых зонах. Задымление атмосферного воздуха считается одной из основных причин данного процесса. Такое утверждение согласуется с исследованиями других ученых (Добровольский, 1952; Илюшин, 1953; Кротова, 1957, 1958; Курнаев, 1968).

Основное направление лесоводственных мероприятий в рекреационных лесах заключается в смене временных лесных сообществ коренными типами насаждений, т.к. они в полной мере отвечают данным лесорастительным условиям (Казанская и др., 1977).

Дигрессия в насаждениях рекреационных лесов начинается с вытаптывания, уменьшения мощности подстилки, повреждения подроста (Тарасов, 1986; Бунькова, Залесов, 2016). Увеличение рекреационных нагрузок приводит к ухудшению почвенных условий: резко сокращается содержание фосфора и калия, в 2 – 2,5 раза снижается содержание гумуса, ухудшается водопроницаемость (Амиров и др., 1982). Под воздействием рекреационных нагрузок изменяются свойства почвы: уменьшается водопроницаемость, снижается доступ воздуха в нее, повышается теплопроводность и температуропроводность, нарушаются условия минерального питания (Таран, Спиридонов, 1977). Изменяется видовой состав живого напочвенного покрова, снижается площадь проективного покрытия, упрощается его строение (Таран, Спиридонов, 1977; Золотарева и др., 2012; Бунькова, Залесов, 2016). Следовательно, ускоряется отпад самосева древесных растений, происходит его травмирование, снижается обилие и ухудшается состояние подроста (Таран, Спиридонов, 1977; Рубцов и др., 2017).

У деревьев, произрастающих в зоне постоянного загрязнения, более редкая крона, мельче листья, преждевременно опадает листья (хвоя). Фотосинтез у них идет с меньшей интенсивностью из-за ухудшения освещенности, закупорки устьиц пылью, различными загрязнителями воздуха, (Николаевский, 1979, 1999; Тарасова, 2013). Р. Юкнис (1987) высказал мнение об ускорении процессов старения

деревьев в условиях высокого загрязнения среды. Изменения у деревьев прослеживаются по внешним признакам: приростам, структуре кроны и т.д. (Кулагин, 1974; Горышина, 1979; Николаевский, 1979; Шевелина и др., 2015).

При чрезмерной угнетающей нагрузке растения не способны развиваться и осуществлять свои экологические функции на протяжении долгого времени без поддержки человека (Авдеева, Извеков, 2019). Величина участка естественных насаждений, степень рекреационной нагрузки оказывают влияние на их сохранность в условиях городской среды (Таран, Спиридонов, 1977; Экология города, 2008).

Рекреационные леса вокруг г. Екатеринбурга изучены многими исследователями (Гальперин, 1967; Гальперин, Николин, 1971; Николин, 1972; Шевелина и др., 2008; Суслов, 2011; Бунькова, Залесов, 2016; Колтунов, 2017 и др.). В работах А.А. Николина и М.И. Гальперина на примере рекреационных лесов г. Екатеринбурга представлены особенности ландшафтной таксации и лесоустройства лесопарковых насаждений. В статье И.В. Шевелиной с соавт. (2008) раскрыта история образования зеленой зоны и лесопарков г. Екатеринбурга. Первые шаги по выделению зеленой зоны относятся к 1932 г., когда вокруг города была выделена зеленая зона, площадью 50800 га, лесопарковая часть составила 19600 га.

В 1946-47 гг. проведено лесоустройство лесопарковой части Уральским лесотехническим институтом по инструкции 1946 г. Первые работы по образованию лесопарков относятся к 1956-57 гг., когда при проведении лесоустройства были заложены 13 городских лесопарков. В настоящее время в городе насчитывается 15 лесопарков. Но площади их неуклонно сокращаются (Шевелина и др., 2008). С.В. Залесов и Е.В. Колтунов (2009) своими исследованиями показали, что основными загрязнителями лесопарков Екатеринбурга тяжелыми металлами являются автотранспорт и выбросы промышленных предприятий. А.В. Суслов (2011) изучил состояние придорожных сосновых насаждений, произрастающих в зоне автотранспортного загрязнения в лесопарках и зеленой зоне г. Екатеринбурга. По данным Е.В. Колтунова (2017) в лесопарках г. Екатеринбурга складываются неблагоприятные условия для роста и развития древесных растений, где интенсивные аэ-

ротехногенные загрязнения городской среды значительно снижают устойчивость и уровень иммунитета древесных видов к инфекционным болезням.

В условиях городской среды у зеленых растений происходит нарушение обменных процессов, прекращение роста, снижается адаптационная способность, что приводит к более раннему физиологическому старению организма (Ерохина и др., 1987).

Важнейшей задачей лесных и природоохранных организаций в настоящее время является сохранение и восстановление средообразующих, экологических и защитных свойств естественных биогеоценозов в особо охраняемых природных территориях (Основы государственной политики ..., 2012). Эффективное государственное управление в области охраны окружающей среды и использование природных ресурсов не возможны без мониторинга на уровнях государства и крупных регионов (Экологическая доктрина ..., 2002).

Оценка проблемы урбанизации и их последствий в долгосрочной перспективе является ценным материалом для исследований, посвященных взаимоотношению природы и населенного пункта, разработке научных рекомендаций по оздоровлению городской среды, сохранению устойчивости природных комплексов в городах, составлению экологических проектов (Горохов, 1991).

В последние годы в число наиболее разрушительных для лесных экосистем антропогенных факторов, безусловно, следует добавить незаконные рубки леса. Неэффективное правоприменение в сфере лесных отношений, позволяет нелегальным лесозаготовителям безнаказанно расхищать лесные богатства (Кабанец и др., 2013). Самовольные рубки участились и в лесах, входящих в защитный пояс населенных пунктов (Нагимов и др., 2019). После них остается большое количество порубочных остатков, которые представляют собой отходы древесины, образующиеся на лесосеке во время валки деревьев, их трелевки и очистке стволов от сучьев. В их состав входят вершинные части срубленных деревьев, сучья, хворост и хмыз (ГОСТ Р53052-2008). Хмыз состоит из следующих компонентов: мелкий хворост, длина которого не превышает 2 м, и ветки (Ушаков, 1994).

Наличие в лесу порубочных остатков снижает эстетические свойства насаж-

дения, ухудшает санитарное состояние последних, а также становятся серьезной угрозой возникновения и распространения крупных лесных пожаров.

Рубка считается незаконной, если она осуществляется с нарушениями действующих нормативных документов по заготовке древесины, правил санитарной и пожарной безопасности в лесах и без соответствующих разрешительных документов (Фомина, 2007).

В 2006 г. приняли Лесной кодекс РФ, согласно которого отменили разрешительные документы (ордер и лесорубочный билет) на проведение рубок и реорганизовали лесную охрану (Лесной кодекс РФ, 2006). По данным С.А. Корчагова и И.Н. Лупановой численность сотрудников лесной охраны в России уменьшилась от 79 до 17 тыс. чел., а количество работников лесничеств – с 160 до 32 тыс. чел. В среднем в Российской Федерации на одного работника лесничества теперь приходится около 55 тыс. га леса, в многолесных районах – более 300 тыс. га (Корчагов, Лупанова, 2016, с. 43). С «упразднением функций лесной охраны в лесхозах и лесничествах» произошло увеличение объемов незаконных рубок» (Лекомцев, 2013, с. 182).

Объем заготовленной древесины в ходе незаконных рубок в РФ в 2016 г. составил около 0,77% или 1646000 м<sup>3</sup> (Кузьмичев и др., 2018).

По данным доклада об экологической ситуации в Свердловской области в 2017 г. выявлено «476 случаев незаконной рубки лесных насаждений общим объемом 57,7 тыс. куб. м, сумма ущерба составила 465,2 млн. рублей» (О состоянии и об охране..., 2018, с. 98).

По собственной оценке, нарушителей на местах незаконных рубок остается до 50% поваленного леса (Денисенко, 2006). При этом на местах незаконных рубок остается достаточное количество порубочных остатков, что приводит к захламленности, а, следовательно, и повышается пожарная опасность в лесах

Решением проблемы незаконных рубок является наличие эффективной охраны лесов (Лекомцев, 2013).

На месте незаконной рубки перед работниками лесного хозяйства встают задачи: определение восстановительного запаса древостоя для оценки ущерба и

объема порубочных остатков (Иванова и др., 2015).

Для оценки объема древесины, вырубленной в результате незаконной рубки, можно воспользоваться действующими таблицами объемов стволов, входами в которые являются разряд высот и диаметр на высоте груди (ступень толщины) (Нагимов и др., 2019). Для трансформации диаметра на высоте пня к диаметру на высоте груди разработаны специальные переводные таблицы, с помощью которых можно восстановить таксационную характеристику древостоя, бывшего до рубки (Третьяков и др., 1965; Данилин, 1998; Вайс, 2009, 2012).

Оценка нестволовых частей дерева (крон), оставшихся на участках незаконных рубок, целесообразнее проводить весовым методом с использованием таблиц фитомассы деревьев (Нагимов и др., 2019).

Городские и пригородные леса требуют систематического долгосрочного мониторинга за состоянием лесных насаждений в целях обеспечения рационального их использования, контроля, предотвращения и устранения негативных процессов в них. Расходы на содержание рекреационных лесов значительно выше, чем эксплуатационных. Это связано с тем, что в рекреационных лесах для ведения мониторинга требуется большая численность лесной охраны, пожарно-наблюдательных вышек, более плотный график наземного и воздушного патрулирования (Бобров, 1977).

Оптимальное функционирование системы охраны лесов должно опираться на научно обоснованные рекомендации по совершенствованию охраны лесов и рациональному использованию финансовых и материальных ресурсов по основным направлениям деятельности (Соколов и др., 2013).

В государственной программе экологического развития Российской Федерации приоритетной задачей считается – сохранение природной среды, в частности, естественных экологических систем, объектов животного и растительного мира (Основы государственной политики ..., 2012). Для ее решения планируется ряд мероприятий, например, усиление охраны и совершенствование системы особо охраняемых природных территорий федерального, регионального и местного значения.

Инновационным устройством для мониторинга, которое уже широко используется во многих отраслях, являются беспилотные летательные аппараты (БЛА). Беспилотный авиационный аппарат представляет собой устройство, на борту которого нет пилота (Воздушный кодекс ..., 1997; Global Air..., 2005; Хальясмаа и др., 2015; Адамов и др., 2017).

Первые разработки БЛА относятся к концу 19 века (Рябов, Фарафонтова, 2013). Двигателем в развитии отрасли производства БЛА явились военные действия в разных странах мира (Зинченко, 2011; Корченко, Ильяш, 2012; Скуднева, 2014; Карякин, 2015; Гришина, 2015; Красовский, Сулова, 2016; Заверткин, 2017). По данным UVS International, БЛА выпускают в более чем 50 странах мира. Задачи, которые могут выполнять эти устройства, широки: в сельском хозяйстве, при чрезвычайных ситуациях, различного рода мониторинги (Гребенников и др., 2008; Зинченко, 2011; Корченко, Ильяш, 2012; d'Oleire-Oltmanns et al, 2012; Акайкин, 2012; Коротаев, Новопашин, 2015; Ламков и др., 2015; Исаев и др., 2016; Федоров и др., 2016; Car et al, 2016; Pineux et al, 2016; Tilly et al, 2016; Адамов и др., 2017; Акинчин и др., 2017; Буре и др., 2017; Заверткин, 2017; Запорожец и др., 2017; Майорова, Кротков, 2017).

В последнее время во многих странах мира разработаны нормативно-правовые документы, которые определяют работу с БЛА. Например, в России основным документом является Воздушный кодекс Российской Федерации. Многие авторы считают, что в настоящее время не в полной мере решен правовой статус БЛА (Рябов, Фарафонтова, 2013; Бондарев, Киричек, 2016; Адамов и др., 2017; Макухин, 2017).

В лесном хозяйстве тоже активно внедряются инновационные устройства. Как показывает анализ специальной литературы, это в основном дорогие модели, со специальным оборудованием на борту.

Одним из направлений использования БЛА является применение их при проведении лесоустройства. Так, применение БЛА значительно сократило время получения снимков высокого (на уровне 10 см) разрешения (Коршунов, 2015; Алексеев и др., 2016).

Другим направлением использования БЛА является проведение мониторинга: за соблюдением природоохранного законодательства (Петушкова, Потапова, 2018), за лесными пожарами (БЛА позволяют уменьшить время обнаружения пожаров на 10 – 15%, устройства более экономичны по сравнению со строительством пожарных наблюдательных вышек) (Коршунов, 2015, 2017; Бусаров и др., 2016; Петушкова, Потапова, 2018), за возобновлением леса на горях и вырубках (Денисов и др., 2016).

Отмечается высокая эффективность применения БЛА для оперативного инспектирования мест проведения рубок и иных хозяйственных мероприятий в лесу, борьбы с незаконными рубками в лесах, выявления других нарушений, лесопатологической оценки и точечной аэрофотосъемки лесных участков (Коршунов, 2015).

БЛА внедряется во многие отрасли народного хозяйства. Для работы с ними составляется специальное программное обеспечение: для управления SkyDrones, DroneDeploy, для обработки данных Agisoft PhotoScan Professional (Ламков и др. 2015, Гафуров; 2017; Журавель и др., 2017), цифровая фотограмметрическая система PHOTOMOD (Зинченко, 2011).

Исследования рекреационных ресурсов должны производиться на непрерывной основе и учитывать современные потребности человека в благоустроенном отдыхе и степень антропогенного воздействия на природные экосистемы. Принципы организации и ведения хозяйства в рекреационных лесах разработаны недостаточно (Кузьмик, 2011).

### **Выводы по главе:**

1. Городские и пригородные леса выполняют важные микроклиматические, санитарно-гигиенические, рекреационные и эстетические функции. С увеличением масштабов техногенного загрязнения окружающей среды, с растущими темпами урбанизации роль рекреационных лесов закономерно возрастает. Они выступают в качестве фитофильтра, снижая влияние неблагоприятных факторов как природного, так и техногенного характера.

2. Городские леса в отличие от лесов, расположенных на значительных удалениях от промышленных центров, в значительной степени подвержены влиянию неблагоприятных антропогенных факторов (рекреационным нагрузкам, загрязнению воздуха, почвы и воды). Характер реакций растений на эти факторы, их состояние в техногенной среде во многом определяются специфическими особенностями вида и показателями его насаждений (например, возрастом). Поэтому эффективность средозащитных функций городских насаждений в значительной степени зависит от их лесоводственно-таксационной структуры.

3. В работе лесных и природоохранных организаций на современном этапе можно выделить следующую приоритетную задачу – сохранение и восстановление защитных и средообразующих функций естественных экологических систем, в том числе городских лесов. Качественные знания об их лесоводственно-таксационной структуре необходимы чтобы обосновать предложения по назначению хозяйственных мероприятий, направленных на улучшение средозащитных функций городских насаждений.

4. В последнее время неэффективное правоприменение в сфере лесных отношений привело к резкому увеличению самовольных рубок в лесах, в том числе входящих в защитный пояс населенных пунктов. Последствия их в городских лесах с учетом выполняемых ими функций намного серьезнее, чем в эксплуатационных. Они снижают рекреационные и эстетические свойства насаждений, ухудшают санитарное состояние последних, а также становятся серьезной угрозой возникновения и распространения крупных лесных пожаров. Для планирования работ по ликвидации последствий самовольных рубок необходимы нормативы для оценки объемов порубочных остатков, которые остаются на месте вырубки.

5. Увеличение масштабов техногенного загрязнения окружающей среды и самовольных 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. Особенно эффективными они могут быть при решении природоохранных задач в городских лесах. Адресное применение БЛА

на ограниченных территориях городских лесов позволяет оперативно и качественно решать многие задачи, стоящие сегодня перед лесной охраной.

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

#### **3.1. Программа исследований**

В соответствии с целью исследований решались следующие программные вопросы:

1. Создание по выделенной базе данных для лесов федерального подчинения, расположенных на территории муниципального образования.

2. Ретроспективный анализ с учетом подчиненности лесов (федеральное, областное и муниципальное) и использованием лесоустроительных материалов, лесохозяйственных регламентов и созданной по выделенной базе данных:

- распределения площади городских лесов по категориям земель;
- структуры и динамики земель городских лесов, покрытых лесной растительностью;
- санитарно-гигиенических и ландшафтно-эстетических характеристик насаждений лесопарков.

3. Разработка на основе имеющихся моделей наземной фитомассы деревьев лесотаксационных нормативов по оценке объемов порубочных остатков, оставляемых на территории городских лесов в процессе незаконных рубок.

4. Апробация разработанных нормативов оценки порубочных остатков при проведении производственных работ по очистке мест рубок на основе сопоставления объемов порубочных остатков, вычисленных по таблице и собранных на вырубке.

5. Оценка возможностей использования квадрокоптера Phantom 3 Advanced (DGI) для организации противопожарного мониторинга, инспектирования выполнения различных лесохозяйственных мероприятий и адресной съемки территории при разработке проектов освоения лесов.

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

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

Объектами исследований явились городские леса, расположенные на терри-

тории муниципального образования «город Екатеринбург» (рис.3.1). В настоящее время на данной территории в разных ее частях городские леса находятся в различной публичной собственности:

- в городской (муниципальной) собственности; площадь лесов составляет 2934,8 га, руководство ими осуществляет МСАУ «Екатеринбургское лесничество»;

- в областной собственности; площадь лесов составляет 12094,8 га, руководство ими осуществляет ГКУ СО «Дирекция лесных парков»;

- в федеральной собственности; площадь лесов составляет 29306,4 га; в настоящее время леса переданы городу при расширении его территории, но в муниципальную собственность не переведены;

- не разграниченные земли, на которой в настоящее время произрастает древесно-кустарниковая растительность, они предназначены для создания инфраструктуры, площадь их составляет 682,3 га.

В настоящее время нет единой структуры управления всеми лесами Екатеринбурга, нет единого лесничества, а, следовательно, нет общего лесохозяйственного регламента. Если леса находятся в муниципальной собственности, то регламент утверждают муниципалитеты, если в федеральной собственности – федеральные органы власти. Как было отмечено выше, город, переданные ему 29306,4 га лесов, в свою собственность не перевел. В настоящее время на эти леса лесохозяйственные регламенты не разработаны и не утверждены.

При такой ситуации исследования структуры и динамики городских лесов нами осуществлялось дифференцированно с учетом собственности на них. Работы проводились отдельно по лесам, находящимся в муниципальной собственности, областной и федеральной.

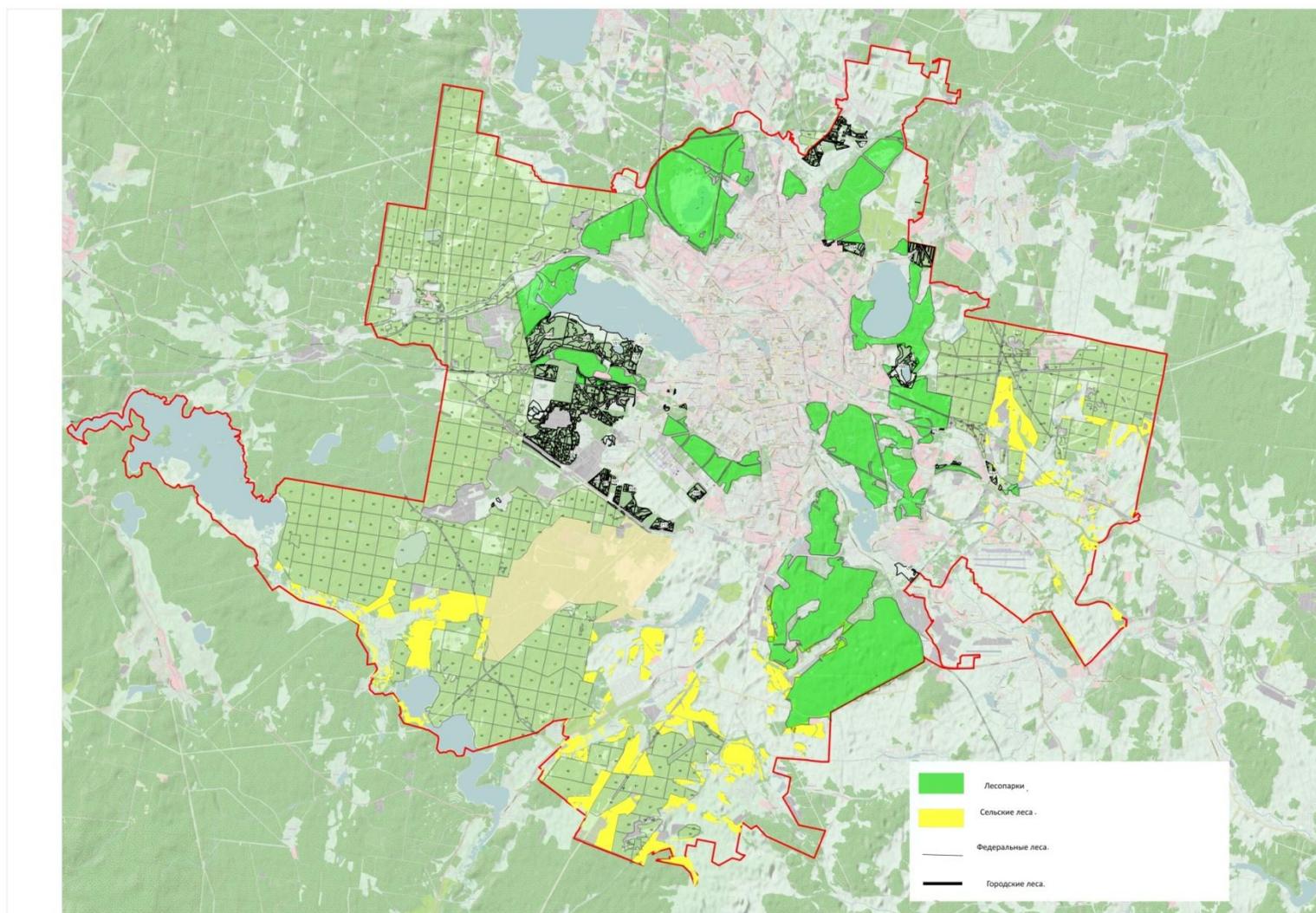


Рисунок 3.1. – Схема расположения лесных насаждений, произрастающих на территории муниципального образования «город Екатеринбург»

Анализ не разграниченных земель с древесно-кустарниковой растительностью не проводился. Это связано с тем, что в перспективе на этих землях будут созданы объекты инфраструктуры города.

Данные для проведения исследований были взяты из разных источников:

-по лесам областного подчинения из материалов лесоустройства за 1986 и 1997 годы и лесохозяйственного регламента 2014 года;

-по лесам муниципального подчинения из материалов лесоустройства за 2009 год и лесохозяйственного регламента 2014 года с изменениями от 2017 года;

-по лесам федерального подчинения из материалов лесоустройства за 2004 год.

Следует отметить, что в настоящее время в границах муниципального образования «город Екатеринбург» леса федерального подчинения представлены частями 4-х лесничеств: Березовского, Билимбаевского, Верх-Исетского и Сысертского. Поэтому нами в качестве экспериментальной основы для настоящих исследований с использованием планово-картографических материалов и таксационных описаний лесных насаждений указанных лесничеств, создана общая для лесов федерального подчинения по выделу электронная база данных.

Леса областного подчинения представлены 15 лесопарками. Руководство лесопарков уделяло серьезное внимание сохранению материалов лесоустройства прошлых лет и вопросам ведения архива. Поэтому имеющиеся в нашем распоряжении материалы позволяют провести ретроспективный анализ динамики площадей и показателей насаждений лесопарков за период с 1986 по 2014 гг. По лесам муниципального и федерального подчинения, к сожалению, нам не удалось разыскать лесоустроительные материалы прошлых лет. Поэтому по этим лесам информация дается только на основе материалов последнего лесоустройства.

Городские леса, как и лесной фонд лесничеств, представляют собой совокупность лесных и нелесных категорий земель. При изучении структуры и динамики городских лесов не зависимо от их подчиненности была принята следующая схема. На первом этапе изучалось распределение площади лесов (в абсолютном и относительном выражениях) по категориям земель. На втором этапе производился

детальный анализ структуры земель, покрытых лесной растительностью. При выполнении настоящих исследований использованы повывдельные электронные базы данных. Все расчетные и графические работы производились в программе МО Excel.

При анализе распределения площади лесов по категориям земель (первый этап исследований) руководствовались принятым при лесоустройстве перечнем категорий, которые являются основанием для образования лесотаксационных выделов (Лесоустроительная инструкция, 2018). Абсолютные и относительные показатели распределения представлялись в табличной форме.

Земли (лесные угодья), находящиеся в границах муниципального образования, различаются по состоянию, характеру хозяйственного назначения и использования. В частности, в состав городских лесов входят лесные и нелесные земли.

К лесным землям относятся земельные участки, пригодные и предназначенные для выращивания леса. Они делятся на покрытые лесной растительностью и не покрытые ею, но предназначенные для ее выращивания.

К землям, покрытым лесной растительностью относятся:

-земли, занятые лесными насаждениями естественного и искусственного происхождения с полнотой 0,4 и выше в возрасте молодняков и с полнотой 0,3 и выше – в более старшем возрасте;

-земли, занятые кустарниками, на которых в силу естественно-географических условий не могут произрастать древесные породы, или на которых специально организуются кустарниковые хозяйства;

-плантации лесных древесных пород, предназначенные для ускоренного выращивания древостоев с целью получения целевых сортиментов или древесной массы.

К землям, не покрытым лесной растительностью, относятся участки лесных земель, на которых в момент их таксации древесно-кустарниковая растительность отсутствует или по таксационным показателям их нельзя отнести к данной категории:

-несомкнувшиеся лесные культуры – культуры, таксационные показатели ко-

торых не отвечают нормативным требованиям для перевода их в земли, покрытые лесной растительностью;

-естественные редины – лесные участки в экстремальных условиях, где формирование древостоев с большей полнотой невозможно, на которых произрастают насаждения с полнотой 0,1 – 0,3 в возрасте молодняков и с полнотой 0,1 – 0,2 в более старшем возрасте;

-питомники и лесные плантации – земли, отведенные для выращивания посадочного материала, занятые лесосеменными, маточными плантациями, а также участки для выращивания новогодних елей, орехоплодных, технических и декоративных культур;

-гари – участки, на которых древесная растительность погибла в результате лесного пожара;

-погибшие насаждения – участки, на которых древесная растительность погибла в результате массового повреждения их вредными организмами, негативного стихийного воздействия (ветровала, бурелома и т.п.);

-вырубки – участки, на которых при заготовке древесины древостой вырублен, а лесовозобновление не обеспечено (характеристики не соответствуют нормативам);

-прогалины – мелкие, не возобновившиеся древесными породами участки, возникшие в результате очагового вывала или вырубки древостоев;

-пустыри – значительные по площади старые вырубки, гари и другие участки с уничтоженной лесной растительностью, не возобновившиеся в течение последних 10 – 15 лет.

Важнейшим показателем лесного фонда, является фонд лесовосстановления. Он включает площади вырубок, погибших насаждений, гарей, прогалин и пустырей.

Земельные участки, не предназначенные для выращивания лесных насаждений, а также непригодные для этих целей или пригодные, но при осуществлении специальных мероприятий, относятся к нелесным землям. К не лесным землям относятся:

- пахотные земли;
- земли, предназначенные для заготовки сена (сенокосы);
- земли, предназначенные для пастьбы скота (пастбища);
- земли специального назначения (постоянные лесные склады, дороги, просеки, противопожарные разрывы, трассы ЛЭП и других линейных объектов)
- водные поверхности;
- не пригодные для выращивания лесных насаждений земли, требующие проведения специальных мероприятий (крутосклоны, болота, скалы, пески, гольцы, каменистые россыпи,).

Болота –это участки леса, где глубина слоя торфа в неосушенных местах составляет не менее 30 см, а в осушенных – 20 см; древесная растительность отсутствует или ее полнота 0,3 и менее для молодняков и 0,2 и менее для насаждений большего возраста.

Исследование структуры земель, покрытых лесной растительностью (второй этап исследований), проводилось на основе анализа распределения площадей насаждений по их лесоводственно-таксационным показателям. Причем распределения представлялись или в табличной, или в графической формах. Необходимость и важность таких исследований в городских лесах очевидна. Лесоводственно-таксационные характеристики насаждений определяют их экологические, ландшафтно-эстетические, санитарно-гигиенические, рекреационные и другие важные функции.

Акцент в работе был сделан на изучение следующих важных характеристик насаждений:

- видового состава – изучался на основе анализа распределения площади земель, покрытых лесной растительностью, по древесным и кустарниковым видам, а также хозяйствам (хвойное, мягколиственное и твердолиственное);
- возрастной структуры – изучалась на основе анализа распределения площади земель, покрытых лесной растительностью, по группам возраста (молодняки, средневозрастные, приспевающие, спелые и перестойные насаждения);
- производительности – изучалась на основе анализа распределения площади

земель, покрытых лесной растительностью, по классам бонитета;

-полноты – изучалась на основе анализа распределения площади земель, покрытых лесной растительностью, по группам полноты (низкополнотные, среднеполнотные и высокополнотные насаждения);

-условий местопроизрастания – изучались на основе анализа распределения площади земель, покрытых лесной растительностью, по группам типов лесорастительных условий (устойчиво сырые, влажные, периодические сырые, свежие, периодически влажные, устойчиво-свежие, свежие периодические сухие, устойчиво сухие).

Указанные выше показатели в наибольшей степени учитываются при организации рекреационного использования лесов и проведении хозяйственных мероприятий в городских лесах.

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 подчинения – 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 ландшафтным показателям: типам ландшафта, классам эстетической оценки, баллам рекреационной оценки, классам устойчивости и стадиям рекреационной диг-

рессии.

Под лесопарковым ландшафтом понимают однородный участок лесопарка, который производит на отдыхающих (посетителей) одинаковое эмоциональное воздействие (Тюльпанов, 1975). Выделяют три типа ландшафта: закрытый, полуоткрытый и открытый. Каждый из этих типов в свою очередь делится на два-три подтипа (Гусев и др., 1981). В пределах открытых ландшафтов выделяют ландшафты горизонтальной сомкнутости (которые представлены одновозрастными, одноярусными насаждениями с полнотой 0,6 и более, равномерным размещением деревьев и горизонтальной сомкнутостью их крон) и ландшафты вертикальной сомкнутости (представленные смешанными или чистыми многоярусными разновозрастными насаждениями с полнотой 0,6 и более, со ступенчатой сомкнутостью крон, имеющие равномерное или групповое размещение деревьев).

Полуоткрытые ландшафты делятся на три подтипа. Первый включает участки леса различного состава с равномерным размещением деревьев, с относительной полнотой 0,3 – 0,5, с хорошим развитием крон деревьев, подроста, подлеска и живого напочвенного покрова. Второй подтип характеризуется участками леса с неравномерным групповым размещением деревьев и кустарников, наличием окон, полянок, неравномерной полнотой, характеризующийся значениями от 0,3 до 0,5. Третий подтип включает рединные древостои.

Открытые ландшафты делятся на два подтипа: поляны с единичными деревьями, относительной полнотой 0,1 – 0,2 и площади без древесной растительности.

Известно, что при ведении хозяйства в рекреационных лесах важнейшей задачей является установление на их территории правильного соотношения типов ландшафтов. Для этого в первую очередь необходимо определить существующее соотношение ландшафтов. Эта работа нами производилась на основе распределения общей площади всех лесотаксационных выделов на объекте исследования (в лесопарках и городских лесах) по указанным выше типам (подтипам) ландшафтов.

Эмоциональное восприятие ландшафтов отдыхающими в основном связано с красочностью и гармоничностью сочетания компонентов растительности. Эти ка-

чества ландшафтов оцениваются таким показателем, как класс эстетической оценки. Выделяется 3 класса эстетической оценки (Гусев, и др., 1981). К 1-му классу относятся ландшафты, характеризующиеся высокими декоративно-эстетическими свойствами и в настоящее время не нуждающиеся в хозяйственных мероприятиях по их улучшению. Во 2 класс относят ландшафты, которые соответствующими лесохозяйственными мероприятиями могут быть переведены в первый класс. Третьим классом оцениваются ландшафты, эстетические качества которых лесохозяйственными мероприятиями практически нельзя повысить.

Для оценки и сравнения эстетической ценности рекреационных объектов, а также анализа ее изменения во времени определялся средний класс эстетической оценки, как средневзвешенное, на основе эмпирического распределения площади выделов по классам эстетической оценки.

При проведении ландшафтной таксации рекреационные качества насаждения оцениваются баллами рекреационной оценки. Эта оценка основана на потребностях хозяйственного воздействия на лес для приведения его в состояние, благоприятствующее отдыху, а для ее проведения предлагается трех балльная шкала. Наиболее высокий (один) балл присваивается лесным участкам, на которых возможна организация благоустроенного отдыха без проведения дополнительных хозяйственных мероприятий. Среднюю оценку (два балла) получают лесотаксационные выдела, которые для этой цели требуют незначительных мероприятий. Низшей оценкой (три балла) характеризуются лесные участки, требующие для организации отдыха серьезных капиталовложений (реконструкция насаждений, планировка территории и др.).

Для оценки и сравнения рекреационных качеств исследуемых объектов, а также анализа их изменения за изучаемый период определялся средний балл рекреационной оценки. Он устанавливался также, как и средний класс эстетической оценки – средневзвешенным способом на основе фактического распределения общей площади выделов по баллам рекреационной оценки.

Важным показателем насаждений в городских лесах, особенно в лесопарках, является их класс устойчивости. Он характеризует способность насаждений про-

тиводействовать оказывающим на них влияние неблагоприятным факторам, которые могут привести к преждевременному распаду или смене пород. Для использования в ландшафтной таксации предложена четырех балльная шкала устойчивости насаждений. Устойчивость оценивается с учетом интенсивности роста и развития составляющих насаждение деревьев, их морфологических признаков, количественных и качественных показателей подроста, живого напочвенного покрова, подлеска, механических повреждений на деревьях, а также повреждений вредителями леса, соотношения здоровых и поврежденных деревьев, состояния почвы.

Для исследуемых рекреационных объектов на основе фактического распределения общей площади выделов по баллам устойчивости насаждений средневзвешенным способом устанавливался, как и для других ландшафтных показателей, среднее значение – средний балл устойчивости.

Оценка устойчивости насаждений сопровождается определением степени дигрессии лесных участков, вызываемой интенсивностью посещаемости их населением. Негативные изменения в лесном биогеоценозе, произошедшие в результате рекреационного использования их, принято называть рекреационной дигрессией. Установлено 5 стадий рекреационной дигрессии. Стадия дигрессии определяется с учетом следующих факторов: степени нарушенности лесной подстилки, количества уничтоженного подроста и поврежденных деревьев, смены лесных трав на луговые и сорные. К первой стадии относятся насаждения без заметных негативных изменений, а к пятой – насаждения с явными негативными изменениями, во многих случаях необратимыми. Анализ рекреационной дигрессии биогеоценозов на исследуемых объектах производился на основе распределения общей площади лесотаксационных выделов по пяти стадиям этого показателя.

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

Для планирования работ по ликвидации последствий самовольных рубок необходимы нормативы для определения объемов порубочных остатков, которые

остаются на месте рубки. Причем эти нормативы должны обеспечивать возможность определения объемов погрузочно-разгрузочных работ и транспортных расходов, связанных с очисткой вырубок. Порубочные остатки вблизи крупных населенных пунктов во многих случаях целесообразно вывезти на специально отведенные места утилизации. При самовольных рубках в лесу полностью оставляются следующие части деревьев: крона и вершинная часть ствола. Причем, на моменты обнаружения самовольной рубки и, особенно, устранения их последствий, хвои на ветвях может не быть (она высохла и опала). Для таких ситуаций порубочные остатки рекомендуется считать без хвои, только ветви, то есть скелет кроны.

В основу нормативов по оценке порубочных остатков, оставляемых после самовольных рубок, положены математические модели надземной фитомассы деревьев и древостоев. На современном этапе модели и таблицы для оценки различных фракций надземной фитомассы составлены для многих регионов страны. Использование их при составлении нормативов по оценке порубочных остатков значительно упрощает и удешевляет эту работу.

Такие модели для сосняков таежной зоны Урала в период с 1984 по 2000 гг. разработаны на кафедре лесной таксации и лесоустройства УГЛТУ. Они сегодня успешно используются при решении различных задач в сферах научной и практической деятельности.

Лесотаксационные нормативы, применяемые на производстве, должны обеспечивать нормативную точность и быть предельно простыми в построении и использовании. Такими нормативами при определении запаса древостоя в нашей стране являются таблицы объемов деревьев, которые составляются по разрядам высот. Поэтому в нашей работе использованы модели фитомассы, составленные для стыковки данных по фракциям надземной фитомассы с таблицами объемов стволов (Нагимов, 2000).

На основе специальных исследований З.Я.Нагимовым установлено, что в целях стыковки данных надземной фитомассы с таблицами объемов стволов в соответствии с эколого-ценотическими закономерностями формирования массы раз-

личных фракций ( $P_i$ ) в качестве независимых переменных в уравнениях целесообразнее использовать показатель D:H, объем (V) и возраст (A) деревьев. Однако, в уравнениях по оценке массы стволов в качестве определяющего фактора достаточно использовать только первый показатель – их объем. Известно, что между объемом и массой ствола существует очень тесная, почти функциональная связь. Поэтому определение массы ствола на основе его объема обеспечивает прекрасные результаты. Было установлено, что остальные два фактора (возраст и D:H деревьев), на фоне их объема, практически не улучшают показатели уравнения.

Поэтому для оценки массы стволов ( $P_c$ ) сосны и стыковки ее с таблицами объемов З.Я.Нагимовым предложено следующая структура уравнения:

$$P_c = a_0 + a_1 * V \quad (3.1)$$

Статистические показатели уравнения (3.1) представлены ниже в соответствующей главе.

При оценке массы крон и ее структурных частей показатели V, D:H и A оказались значимыми на уровне 0,05 и, в этой связи, была предложена следующая структура модели:

$$\ln P_i = a_0 + a_1 \ln(D:H) + a_2 \ln V + a_3 \ln A. \quad (3.2)$$

Статистические показатели регрессионных уравнений, разработанных согласно структуре модели (3.2), также приведены ниже.

Разработка нормативов, оценивающих захламленность в насаждениях и фактические объемы порубочных остатков, осуществлялась в следующей последовательности.

На первом этапе на основе уравнений, разработанных З.Я.Нагимовым согласно структурам моделей (3.1) и (3.2), нами данные по фитомассе стволов, фитомассе крон (хвоя+ветви+генеративные органы) и фитомассе хвои были состыкованы (совмещены) с действующими на территории Свердловской области таблицами объемов стволов (Верхунов и др., 1991). Используя значения показателя D:H, а также объемы, взятые из таблиц объемов для соответствующих разрядов высот, проведено табулирование уравнений. Причем таблицы по фитомассе крон разрабатывались для применения в спелых древостоях (возраст принимался рав-

ным 110 годам). Разность между общей фитомассой крон и фитомассой хвои соответствует фитомассе ветвей.

При очистке мест рубок от оставленных крон (особенно если очистка производится путем вывозки их в пункты по утилизации) необходимы для производителей нормативы, оценивающие объемы порубочных остатков в складочной мере. Поэтому нами осуществлен перевод весовых показателей ветвей и хвои в объемные с использованием коэффициентов плотности этих фракций фитомассы, приведенных в научной литературе (Усольцев, Нагимов, 1988; Общесоюзные нормативы ..., 1992). В итоге получаем данные – объемы ветвей и хвои в плотной мере. Для перехода от объема ветвей в плотных м<sup>3</sup> к объему в складочных м<sup>3</sup> применялся коэффициент полнодревесности хмыза (Общесоюзные нормативы ..., 1992; Ушаков, 1994). Складочный объем хвои определялся путем умножения массы хвои на насыпную плотность, которая составляет 199 – 269 кг в 1 м<sup>3</sup> (Вторичные материальные ресурсы ..., 1983).

Далее были составлены нормативы для оценки вершинного бревна. Натурный осмотр и измерения вершинной части ствола позволили сделать вывод, что в основном вершинные бревна представляют собой отрезки ствола в кроновой части дерева (когда отпиливают часть ствола до начала кроны). Поэтому был принят следующий алгоритм работ:

- из кафедральной базы данных модельных деревьев были выгружены данные по 200 модельных деревьев, взятым в сосняках 1 – 3 классов бонитета;

- у каждого модельного дерева определялась длина отрезка ствола в кроновой части дерева как разность между общей высотой ствола и высотой ствола до начала кроны;

- с использованием диаметров и длины ствола в кроновой части, для каждого модельного дерева определялся объем этого отрезка по формуле конуса;

- вычислялись уравнения зависимости объема отрезка ствола в кроновой части дерева ( $V_{oc}$ ) от высоты ( $H$ ) и диаметра ствола на высоте груди ( $D_{1,3}$ ) по разработанной нами структуре:

$$\ln V_{oc} = a_0 + a_1 \ln H + a_2 \ln D_{1,3} \quad (3.3)$$

-данные по объему ствола вершинного бревна совмещались с действующими таблицами объемов стволов, путем табулирования уравнений по значениям  $H$  и  $D_{1,3}$ , взятых из таблиц объемов соответствующих разрядов высот.

Таким образом, составлены оценочные таблицы по разрядам высот. В них по ступеням толщины приведены: в плотной и складочной мерах фитомасса ветвей и хвои, их объем и в плотной мере объем отрезков ствола в кроновой части дерева.

При апробации полученных нормативов на объектах незаконных рубок осуществлялся в первую очередь подсчет пней по породам и ступеням толщины. Далее по специальной таблице выполнялся переход от диаметров пней к диаметрам стволов на 1,3 м (Общесоюзные нормативы ..., 1992). Затем для определения разряда высот древостоя по общепринятой методике измерены диаметры и высоты учетных деревьев, оставшихся на вырубке (Наставления ..., 1993). По соотношению диаметров и высот, модельных деревьев определялся разряд высот древостоев до рубки. По данным перечетной ведомости и наших нормативов определенного разряда высот отдельно по ступеням толщины рассчитывался запас порубочных остатков: сучьев и остатков ствола.

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

В настоящее время наблюдается активное внедрение беспилотных летательных аппаратов (БЛА) в различные сферы деятельности, в том числе в лесохозяйственное производство. Поэтому важнейшей задачей является оценка возможностей использования БЛА с известными техническими характеристиками для решения конкретных производственных задач. Наши исследования направлены на определение перспективных направлений использования квадрокоптера Phantom 3 Advanced (DGI) при ведении хозяйства в городских лесах.

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

Перспективность использования БЛА при организации лесопожарного мониторинга в городских лесах изучалась на основе сравнения экономических, вре-

менных и трудовых затрат обнаружения лесных пожаров системой дистанционного наблюдения «Лесохранитель», бригадой наземного патрулирования и мобильной бригадой с квадрокоптером.

### **Использование БЛА для инспектирования выполнения лесохозяйственных мероприятий**

БЛА позволяет получить аэрофотоснимки на объекты хозяйственной деятельности. Однако изображение на снимках, полученное с помощью цифровой камеры квадрокоптера, имеет искажение, поскольку оно представляет собой центральную проекцию, а не плановую. Поэтому нами в программе Agisoft PhotoScan Professional Edition (версия 1.4) по фотоснимкам, координатам центров фотографирования и опорным точкам получены высокоточные геопривязанные трехмерные модели местности (объектов хозяйственной деятельности). Итогом данной работы явились качественные ортофотопланы объектов хозяйственной деятельности, имеющие ортогональную проекцию.

Для ортофотоплана в программе получены два файла в следующих форматах: \*.kml – данные привязки растрового снимка; \*.tif – содержит растровое изображение. После этого ортофотоплан экспортировался в ГИС MapInfo Professional (версия 15).

Нами проведена оценка возможности использования таких ортофотопланов для мониторинга за проведением различных лесохозяйственных мероприятий в городских лесах. Для этого в городских лесах муниципального образования «город Екатеринбург» были подобраны различные объекты хозяйственной деятельности. Затем с высоты 50 м была проведена съемка территории этих объектов с помощью цифровой камеры квадрокоптера и получены 506 снимков с перекрытиями и ортофотопланы. Данные с ортофотопланов сравнивались с соответствующими данными натурных изысканий.

Изучалась возможность использования снимков, полученных цифровой камерой квадрокоптера, при решении приведенных ниже задач.

1. Контроль соблюдения параметров технологической карты при разработке

лесосек:

- контроль соответствия параметров вырубki (расположения в квартале, формы и площади) материалам отвода (абрису) деланки;

- контроль качества очистки деланки от порубочных остатков (соответствие метода и качества очистки параметрам технологической карты);

- контроль за соблюдением схемы разработки лесосеки (соответствие фактического размещения волоков и погрузочных площадок данным технологических карт).

## 2.Инспектирование показателей проекта лесовосстановления:

- определение количества пней на вырубке (по пробным площадям с точностью достаточной для подготовки проекта лесовосстановления);

- проверка качества подготовки почвы под лесовосстановление (по пробным площадям определялся процент обработанной площади, расстояние между бороздами, направление борозд, качество подготовки борозд).

## 3.Адресная аэрофотосъемка при подготовке проектов освоения лесов:

- проверка при рекреационном использовании лесов возможности получения тематической лесной карты с размещением дорожно-тропиночной сети и объектов рекреации;

- проверка возможности определения по тематической карте общей площади участка, площади и размеров каждого объекта инфраструктуры.

Некоторые стороны методики исследования рассмотрены и изложены в основных разделах диссертации.

### 3.3. Объем выполненных работ

Для достижения поставленной цели и решения программных вопросов нами выполнен следующий объем работ.

Проведен детальный анализ городских лесов федерального, областного и муниципального подчинений на территории муниципального образования «Город Екатеринбург» по материалам лесоустройства с использованием повыдельных

электронных баз. Автор активно участвовал в создании базы данных по федеральным лесам в пределах муниципального образования.

Общая площадь земель городских лесов, взятая для исследования, составила 44336 га. На данной площади произведен анализ лесоводственно-таксационных характеристик насаждений; на площади 15029,6 га произведен анализ ландшафтно-эстетических и санитарно-гигиенических характеристик насаждений. Автор принимал участие в ландшафтной таксации двух лесопарков – Шарташского и лесопарка имени лесоводов России.

В результате данной работы получены следующие сведения:

-распределение площади городских лесов (44336,0 га) по категориям земель (в разрезе их подчиненности);

-распределение покрытых лесом земель (38379,9) по составу, возрастной структуре, классам бонитета, группам полнот и группам типов леса (в разрезе подчиненности);

-распределение покрытых лесом земель городских лесов областного и муниципального подчинений (12698,3) по ландшафтным показателям: типам ландшафта, классам эстетической оценки, баллам рекреационной оценки, стадиям рекреационной дигрессии, классам устойчивости.

В процессе разработки лесотаксационных нормативов по определению порубочных остатков, оставляемых в процессе самовольных рубок, у 200 модельных деревьев, выгруженных из кафедральной базы данных, определен объем отрезка ствола в кроновой части дерева. С использованием этих данных и разработанных на кафедре лесной таксации и лесоустройства моделей надземной фитомассы деревьев, составлены две таблицы (для 3 и 4 разрядов высот) для оценки порубочных остатков.

Проведена апробация нормативов по оценке порубочных остатков на четырех лесных участках, пройденных незаконными рубками (на территории городских лесов федерального подчинения). Общая площадь вырубок составила 33,9 га. На них произведен пересчет пней, восстановлена таксационная характеристика древостоя, бывшего до рубки, и по разработанным нормативам определен объем

порубочных остатков. Затем при участии автора произведена очистка лесосек. Полученные при этом данные сопоставлялись с объемами, вычисленными по нормативам.

При исследовании эффективности лесопожарного мониторинга с использованием БЛА выявлены лесные массивы, которые плохо или вообще не просматриваются камерами системы дистанционного мониторинга и установлена их площадь. Определены экономические, временные и трудовые затраты по обнаружению лесных пожаров системой дистанционного наблюдения «Лесохранитель», бригадой наземного патрулирования» и мобильной бригадой с квадрокоптером.

Для оценки перспективности использования БЛА в целях инспектирования выполнения лесохозяйственных мероприятий при помощи квадрокоптера было получено 506 снимков. Был выполнен следующий объем работ:

- контроль соответствия параметров вырубki (расположения в квартале, формы и площади) материалам отвода (абрису) делянки проводился по ортофотоснимкам двух вырубok общей площадью 7,7 га;

- контроль качества очистки делянки от порубочных остатков (соответствие метода и качества очистки параметрам технологической карты) проводился по ортофотоснимкам одной вырубki площадью 4,6 га;

- контроль за соблюдением схемы разработки лесосеки (соответствие фактического размещения волоков и погрузочных площадок данным технологических карт) проводился по ортофотоснимкам двух вырубok общей площадью 7,7 га;

- определение количества пней на вырубке (по пробным площадям с точностью достаточной для подготовки проекта лесовосстановления) проводилось по ортофотоснимкам двух вырубok общей площадью 7,7 га;

- проверка качества подготовки почвы под лесовосстановление (по пробным площадям определялся процент обработанной площади, расстояние между бороздами, направление борозд, качество подготовки борозд) проводился по ортофотоснимкам одной вырубki площадью 2,6 га.

- проверка при рекреационном использовании лесов возможности получения тематической лесной карты с размещением дорожно-тропиночной сети и объек-

тов рекреации, а также проверка возможности определения по тематической карте общей площади участка, площади и размеров каждого объекта инфраструктуры проводился по ортофотоснимкам выделов 5-7 квартала 3 Березовского участка Березовского лесничества площадью 7,65 га.

Экспериментальный материал, используемый для решения всех программных вопросов, оказался вполне достаточным и репрезентативным.

## **4. СТРУКТУРА И ДИНАМИКА ГОРОДСКИХ ЛЕСОВ**

В настоящее время на территории муниципального образования «город Екатеринбург» выполняют природоохранные, экологические и рекреационные функции городские леса, находящиеся в различном подчинении: в областном (все лесопарки), федеральном (оказавшиеся на данной территории при расширении ее границ), муниципальном и городские зеленые насаждения (общего и ограниченного пользования, специального назначения и уличные).

Все они вместе образуют мощный экологический каркас города. В задачу наших исследований входили анализ, оценка структуры и динамики городских лесов, которые в основном расположены за пределами селитебной зоны. Актуальность их очевидна. С увеличением масштабов техногенного загрязнения окружающей среды существенно возрастает средозащитное значение лесов, особенно прилегающих к крупным промышленным центрам. Лесные насаждения вокруг городов выполняют роль фитофильтра на пути распространения индустриальных и транспортных эмиссий в окружающую среду. Знания о структуре этих лесов важны для обоснования предложений по назначению хозяйственных мероприятий, улучшающие состояние и лесоводственно-таксационную и рекреационную структуру насаждений.

### **4.1. Структура и динамика насаждений городских лесов областного подчинения**

В настоящее время, как отмечалось выше, на территории г. Екатеринбург функционируют 15 лесопарков. Для решения поставленных вопросов производился анализ динамики площадей и характеристик насаждений городских лесов областного подчинения в ретроспективе (с 1986 по 2014 гг.). Отправным моментом в данных исследованиях послужили данные лесоустройств 1986 года (Проект организации ..., 1987) и 1997 года (Проект организации ..., 1998), а также лесохозяйственный регламент 2014 года (Лесохозяйственный регламент ..., 2014).

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

Распределение общей площади всех лесопарков города по категориям земель в годы проведения лесоустройства представлено в табл.4.1.

По данным, приведенным в табл.4.1, можно отметить следующее. Общая площадь лесопарков г. Екатеринбурга за 58 лет (с 1956 года по 2014 год) уменьшилась на 1172 га или 8,8%. И в 2014 г. их площадь составила 12094,8 га.

Площадь лесных земель также имеет тенденцию уменьшения. В общей сложности площадь данной категории земель сократилась на 834 га или 7,4%.

Площади земель, покрытых лесной растительностью, за 30-летний период с 1956 г. по 1986 г. в абсолютном выражении сократились незначительно, всего на 45,9 га (на 0,4%). В относительном выражении (от общей площади лесопарков) – выросла. В 1956 г. она составила 81,0%, а в 1986 г. – 84,8%. Это объясняется проведением следующих хозяйственных мероприятий: созданием лесных культур хозяйственно-ценных видов и содействием естественного возобновления. В 1997 году площадь земель данной категории составила 10408,6 га, в 2014 г. – 10272,1 га. За период с 1986 по 2014 гг. удельный вес данной категории земель меняется незначительно (84,1 – 84,9%). За 58-летний период лесопокрытая площадь уменьшилась на 468,4 га (или на 4,4%).

Изучаемые насаждения имеют естественное происхождение. Удельный вес лесных культур невелик. Площадь лесных культур в 1956 г. равнялась 250,9 га. В относительном выражении составила 1,9% от общей площади лесопарков. В 2014 году площадь лесных культур составила 662,3 га (5,5%). За 58-летний период в лесопарках произошло увеличение площади искусственных насаждений в 2,6 раза. Одним из направлений лесопарковых мероприятий является создание лесных культур, объемы искусственного лесовозобновления постоянно увеличиваются.

Таблица 4.1 – Распределение общей площади лесопарков по категориям земель

Категории земель	Годы лесоустройства										
	1956		1986			1997			2014		
	га	%	га	%	% к 1956	га	%	% к 1956 г.	га	%	% к 1956 г.
Общая площадь	13267	100	12618	100	95,1	12380	100	93,3	12094,8	100	91,2
Всего лесных земель	11303,6	85,2	11224,9	89,0	99,3	11077	89,5	98,0	10469,6	86,6	92,6
в т.ч. покрытые лесной растительностью	10740,5	81,0	10694,6	84,8	99,6	10408,6	84,1	96,9	10272,1	84,9	95,6
в т.ч.: числе лесные культуры	250,9	1,9	251,3	2,0	100,2	222,4	1,8	88,6	662,3	5,5	264,0
Не покрытые лесной растительностью земли, всего	563,1	4,2	530,3	4,2	94,2	668,4	5,4	118,7	197,5	1,6	35,1
в т.ч.: несомкнувшиеся л/к	-	-	1,7	-	-	2,2	-	-	43,3	0,4	-
естественные редины	65,1	0,5	45,9	0,4	70,5	36,9	0,3	56,7	8,5	0,1	13,1
гари, погибшие насаждения	-	-	101,6	0,8	-	225,7	1,9	-	41,7	0,3	-
вырубки	19	0,1	8,8	0,1	46,3	63,5	0,5	334,2	65,9	0,5	346,8
прогалины	479	3,6	343,9	2,7	71,8	324,9	2,7	67,8	38,1	0,3	8
лесные питомники	-	-	28,4	0,2	-	15,2	0,1	-	-	-	-
Нелесные земли, всего	1963,4	14,8	1393,1	11,0	71,0	1303	10,5	66,4	1625,2	13,4	82,8
в т.ч.: пашни	248,5	1,9	120,4	1,0	48,5	56,7	0,5	22,8	10,7	0,1	4,3
сенокосы	665,7	5,0	169,8	1,3	25,5	127	1,1	19,1	21,6	0,2	3,2
пастбища	38,2	0,3	0,2	-	0,5	0,7	-	1,8	-	-	-
ландшафтные поляны	-	-	-	-	-	-	-	-	339,5	2,8	888,7
воды	46,6	0,4	199,5	1,6	428,1	121,3	1,0	260,3	117,6	1,0	252,4
сады	-	-	63,5	0,5	-	15,1	0,1	-	3,3	-	-
дороги, просеки	295,6	2,2	194,2	1,5	65,7	240,7	2	81,4	303,5	2,5	102,7
усадебьы	515,4	3,9	83,1	0,7	16,1	52	0,4	10,1	16,3	0,1	3,2
болота	142,4	1,1	465,2	3,7	326,7	554,6	4,6	389,5	586,2	4,8	411,7
прочие земли	11	0,1	97,2	0,8	883,6	134,9	1,1	1226,4	226,5	1,9	2059,1

Установлено существенное сокращение площади земель, непокрытых лесной растительностью. В начале изучаемого периода они занимали 563,1 га (4,2% от общей площади лесопарков) и в основном были представлены прогалинами (479 га или 85,1%) и рединами (65,1 га, 11,6%). К 2014 г. площадь земель данной категории составляет 197,5 га. Произошло уменьшение площади в 2,85 раза за исследуемый период. В основном это произошло за счет сокращения площади прогалин (на 92,1%).

В динамике нелесных земель можно выделить два периода, так как они отличаются направлением в изменении площадей. Для периода 1956-1997 гг. наблюдается сокращение площади земель с 1963,4 га до 1303,0 га: за счет сокращения площадей под сенокосами, усадьбами и пашнями. Данный процесс имеет положительную динамику. Для второго периода с 1997 по 2014 гг. прослеживается увеличение площадей данной категории с 1303 до 1625,2 га. Этот негативный процесс, в основном связан с усилением болотообразовательного процесса в последние десятилетия. Наблюдается заболачивание озера Шувакиш (Шувакишский лесопарк) и поймы реки Исеть (Оброшинский лесопарк). В конце анализируемого периода (2014 г.) площадь болот равняется 586,2 га, что составило 36,1% от площади нелесных земель. В целом категория земель болота уменьшает эстетическую ценность лесопарков и малопригодна для развития рекреационной деятельности. Необходимо проведение мероприятий в лесопарках в направлении предотвращения процесса образования болот.

В 1956 г. категория нелесных земель водные объекты составляла 46,6 га (2,3%). Наблюдается значительное увеличение с 1956 по 1986 гг. площадей данной категории земель на 199,5 га (14,3%). Данный факт подтверждается активным строительством различных гидротехнических сооружений, например, прудов, плотин и т.д.. К 1997 году площади водных объектов в лесопарках уменьшились. В конце анализируемого периода (2014 г.) площадь водных объектов составляет 117,6 га или 7,2% от нелесной площади лесопарков.

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

Лесоводственно-таксационные показатели насаждений определяют основные функции лесопарков: экологические, ландшафтно-эстетические, санитарно-гигиенические, рекреационные. Поэтому изучение их изменений за продолжительный период представляет несомненный интерес. В частности, оно позволяет оптимизировать систему лесопарковых мероприятий.

##### **Видовой состав насаждений лесопарков**

В рекреационных лесах, особенно лесопарках, большое внимание уделяется декоративным качествам насаждений. Поэтому провели анализ видового состава насаждений лесопарков в динамике. В 1986 г. на территории лесопарков произрастало 16 древесных видов, в 2014 г. количество видов увеличилось на 6 и составило 22. На схеме (рис.4.1) представлено участие древесных и кустарниковых видов (%) от площади земель, покрытых лесной растительностью, в 2014 г.. Распределение видов по хозяйствам следующее: хвойных – четыре вида, твердолиственных – пять, мягколиственных – семь, деревьев второй (третьей) величины – три вида и кустарников – три. Увеличение количества древесных и кустарниковых видов в лесопарках города подтверждает факт, что в лесопарках ведется планомерная работа по улучшению эстетических и декоративных свойств произрастающих в них насаждений.

Соотношение доли площади земель, покрытых лесной растительностью, по хозяйствам показано на рис.4.2. На протяжении всего исследуемого периода в городских лесах областного подчинения выявлено доминирование хвойных видов. В 1986 г. площадь, на которой произрастали хвойные, составила 8770,1 га, в 2014 г. – 7726,2 га. В относительном выражении они составили в 1986 г. 82,0% от площади, покрытой лесной растительностью, и в 2014 г. – 75,2%.

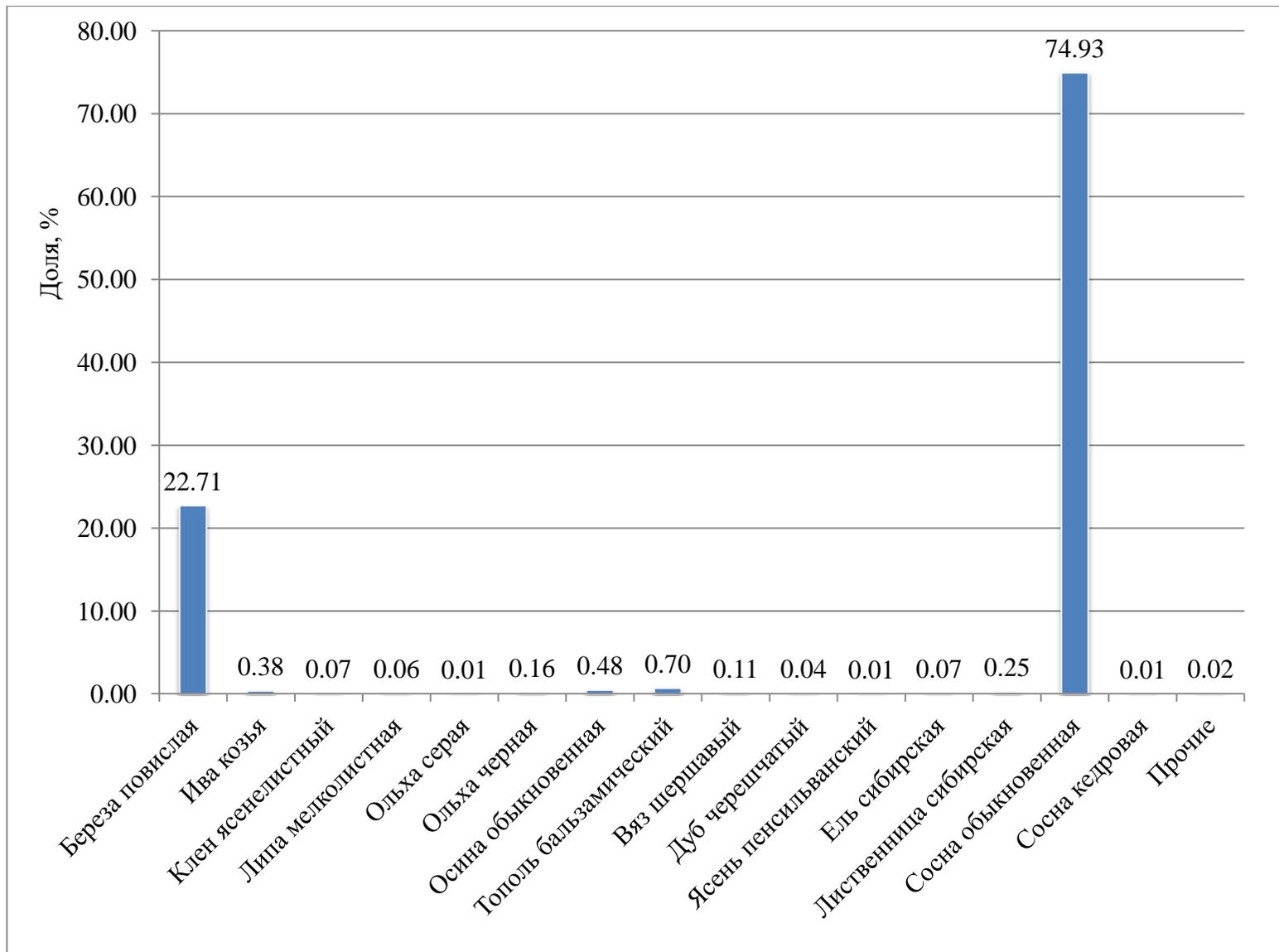


Рисунок 4.1 – Распределение площади земель, покрытых лесной растительностью, по древесным и кустарниковым видам, %

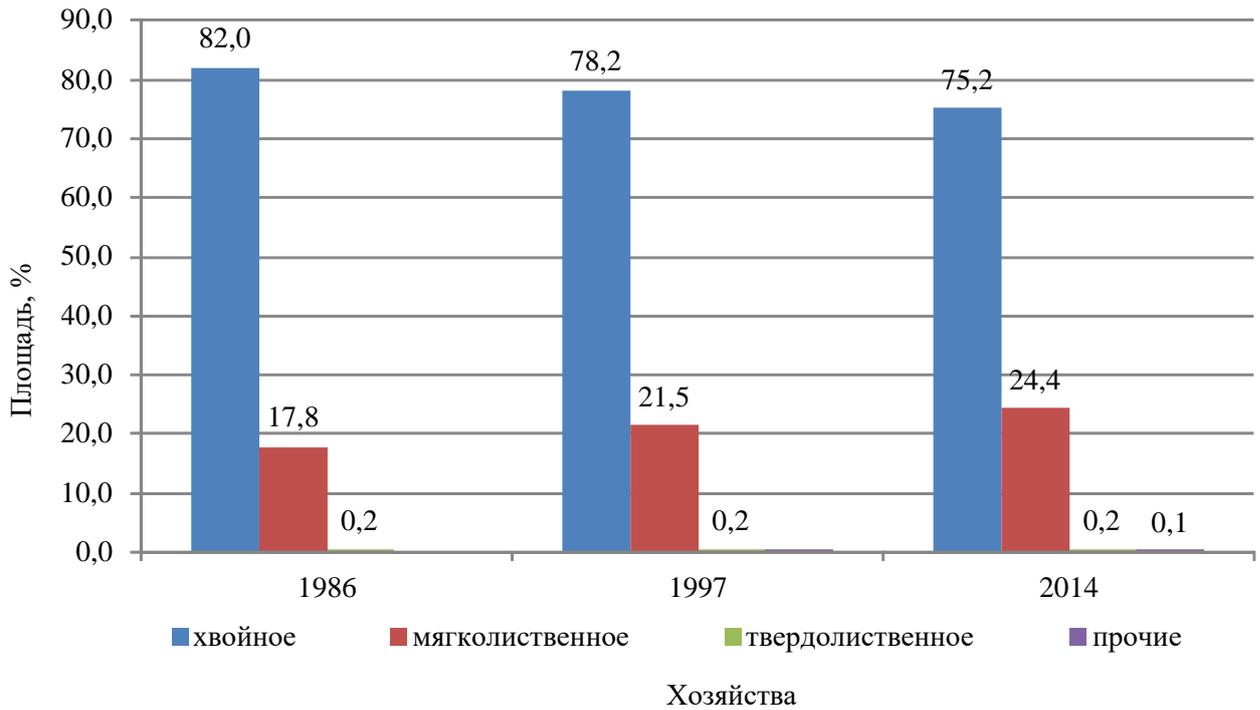


Рисунок 4.2 – Распределение площади земель, покрытых лесной растительностью, по хозяйствам

Площади, на которых произрастают хвойные виды, сократились на 1043,9 га (или на 6,8%) за 28-летний период. Площади, занятые мягколиственными видами, постепенно увеличиваются. На начало анализируемого периода они составили 1898,4 га, в конце – 2510,4 га. Общее увеличение площадей составило 612 га или 6,6%.

В динамике площадей лесопарков прослеживаются тенденции, общие для лесов Урала: уменьшение площадей, занятых хвойными видами и увеличение площадей под мягколиственными (Луганский, Лысов, 1991). Насаждений твердолиственных пород, произрастающих в городских лесах областного подчинения, крайне мало. В 2014 г. их площади составили 22,9 га. Уменьшение общей площади земель, покрытых лесной растительностью, и увеличение площади мягколиственного хозяйства за период с 1986 по 2014 гг. в основном объясняются сокращением площадей под хвойными видами.

Основным преобладающим видом является сосна обыкновенная. На протяжении всего анализируемого периода ее удельный вес в хвойном хозяйстве со-

ставляет более 99,6%. Другие виды занимают в данном хозяйстве незначительную долю. Среди мягколиственных видов также один вид является преобладающим – это береза повислая. На всем протяжении анализируемого периода удельный вес ее площадей составляет более 90% в данном хозяйстве: в 1986 г. – 94,7%, в 1997 г. – 95,6% и в 2014 г. – 92,7%. Сосняки и березняки за весь период с 1986 по 2014 гг. составляют в общей сложности более 97,6% от площади земель, покрытых лесной растительностью. На территории городских лесов областного подчинения г. Екатеринбурга установлено тотальное господство сосны и березы. Это серьезный недостаток. Так как полное доминирование двух видов существенно снижает декоративность и эстетичность леса. Для повышения эстетической и экологической ценности лесопарков необходимо увеличивать площади, занятые такими видами, как сосна кедровая, липа мелколистная, ель сибирская, лиственница сибирская, ясень пенсильванский и др.. Данные виды повысят красочность ландшафтов. На территории лесопарков представленность данных видов мала. В настоящее время они успешно произрастают в условиях лесопарков г. Екатеринбурга. Это подтверждают как состояние этих насаждений, так и их лесоводственно-таксационные характеристики.

### **Возрастная структура насаждений лесопарков**

При изучении насаждений рекреационных лесов (особенно с эстетической точки зрения) возрастная структура является важной составляющей. Поэтому необходимо провести сравнительный анализ динамики распределения лесопокрытой площади по хозяйствам и по группам возраста.

В ходе исследования выявлена по хвойному и мягколиственному хозяйствам отрицательная динамика возрастной структуры насаждений исследуемых лесов.

Во первых, произошло заметное уменьшение площади таких возрастных групп насаждений, как молодняки и средневозрастные, по хвойному хозяйству (рис.4.3). Средневозрастные насаждения доминировали в 1986 и 1997 гг. Их доля соответственно составляла 82,2 и 82,8%. В 2014 г. произошло резкое падение удельного веса насаждений данной группы возраста до 19,7%. Перераспределение

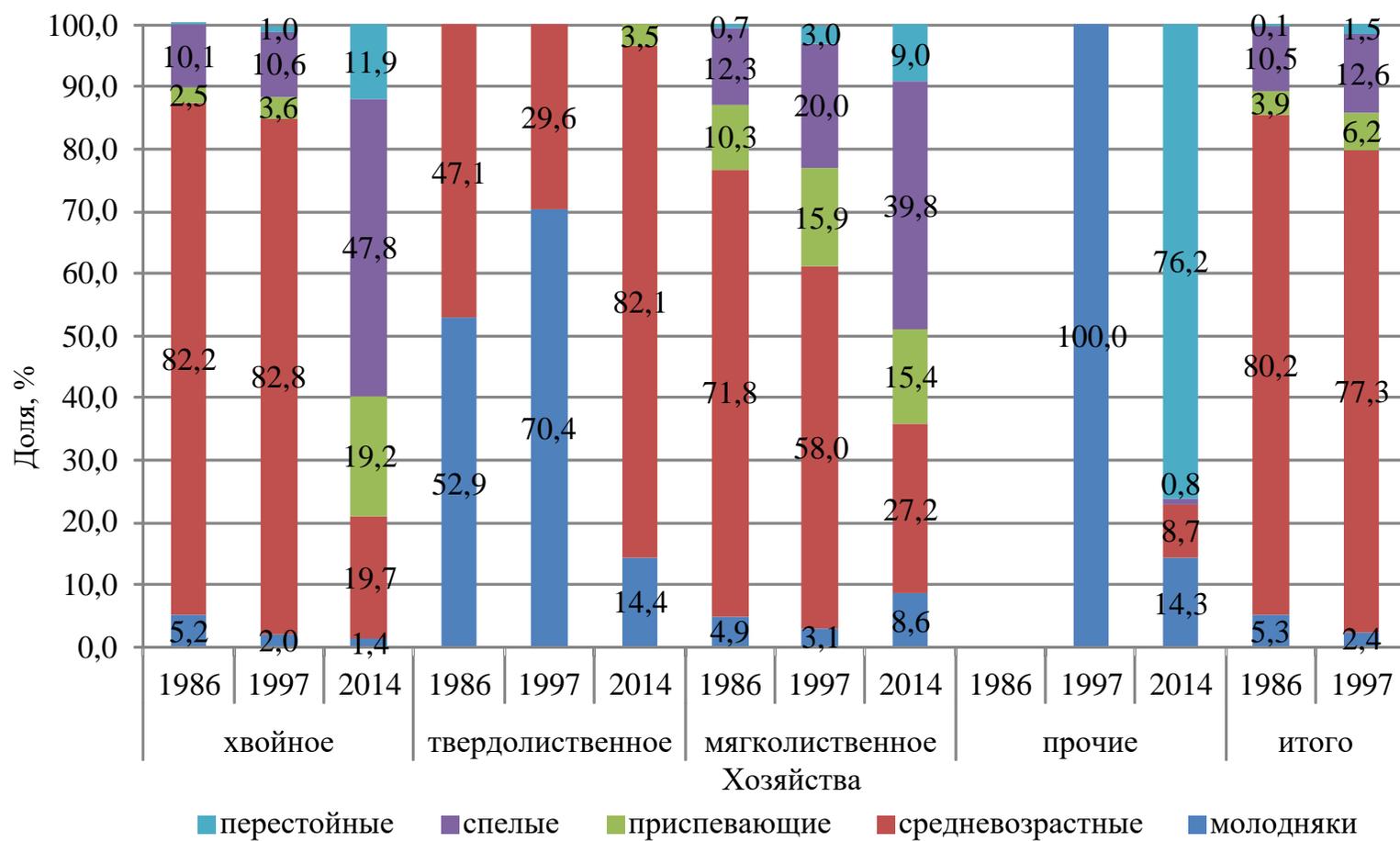


Рисунок 4.3 – Распределение площади земель, покрытых лесной растительностью, в разрезе хозяйств и групп возраста

произошло за счет накопления площадей таких групп возраста как спелых с 10,1 до 47,8% и перестойных с 0,0 до 11,9%. Насаждения, относящиеся к группам возраста спелые и перестойные, не в полной мере выполняют санитарно-гигиенические и рекреационные функции.

В 2014 г. доли средневозрастной и приспевающей групп возраста составляют 19,7% и 19,2% соответственно. Их удельный вес близок к оптимальному. Доля участия молодняков составляет 1,4%, что свидетельствует о недостаточной их площади. В недалеком будущем насаждения данной группы возраста будут комплектовать группу средневозрастных насаждений, а в дальнейшем – насаждения более старших возрастов. Поэтому необходимо проведение лесохозяйственных мероприятий, направленных на омоложение насаждений хвойного хозяйства.

По мягколиственному хозяйству прослеживаются следующие тенденции: снижение доли средневозрастных насаждений, увеличение – спелых и перестойных. В начале исследуемого периода (1986 г.) доля средневозрастных насаждений составляла 71,8%, в конце (2014 г.) – 27,2%. Удельный вес спелых и перестойных насаждений увеличился с 12,3% и 0,7% (1986 г.) до 39,8% и 9,0% (2014 г.), соответственно. Доля площади молодняков за исследуемый период выросла с 4,9 до 8,6%. Но таких темпов недостаточно.

В твердолиственном хозяйстве насаждения в основном искусственного происхождения. Они состоят из трех групп возраста: молодняки, средневозрастные и приспевающие. Их возрастную структуру можно охарактеризовать как удовлетворительную.

В настоящее время в городских лесах областного подчинения возрастная структура насаждений не оптимальна. За период с 1986 по 2014 гг. она значительно ухудшилась. Данный факт требует серьезных изменений, как в содержании, так и в объемах лесопарковых мероприятий. Основная направленность данных мероприятий заключается в омоложении насаждений.

### **Производительность насаждений лесопарков**

При определении рекреационного потенциала участков важным показателем считается их класс бонитета, который определяет производительность насаждений. При ландшафтной таксации городских лесов этому показателю уделяется большое внимание. Класс бонитета характеризует эстетическую ценность насаждения.

Для анализа производительности насаждений лесопарков составлена диаграмма распределения площади по классам бонитета (рис.4.4). Анализ показал, что городские леса областного подчинения характеризуются различной производительностью. Насаждения хвойного хозяйства охватывают диапазон с 1а по 5 классов бонитета, мягколиственного – с 1а по 5а и твердолиственного – с 1 по 4.

Хвойные насаждения характеризуются наиболее высокой производительностью. Преобладающими по хвойному и мягколиственному хозяйствам считаются насаждения 2 класса бонитета. С 1986 г. по 2014 г. произошло увеличение удельного веса площади данных насаждений. По хвойному хозяйству увеличение произошло с 50,6 до 60,9%, по мягколиственному с 58,6 до 59,7%. Также велика в вышеуказанных хозяйствах доля насаждений 1 и 3 классов бонитета. В 2014 г. удельный вес насаждений 1 и 3 классов бонитета по хвойному хозяйству равняется 36,6%, по мягколиственному – 24,1%. Насаждений высокопроизводительных и низкопроизводительных в лесопарках достаточно мало.

Для твердолиственного хозяйства в 1986 и 1997 гг. насаждения 3 класса бонитета являлись преобладающими. Их площадь составляла 65,1% и 60,1%, соответственно. Далее их доля резко снизилась (более чем в 2 раза) и к концу анализируемого периода в 2014 г. равнялась 28,4%. К 2014 г. произошло увеличение площадей, занятых насаждениями 1 и 2 классов бонитета. Их доля увеличилась до 29,7 и 41,0%, соответственно.

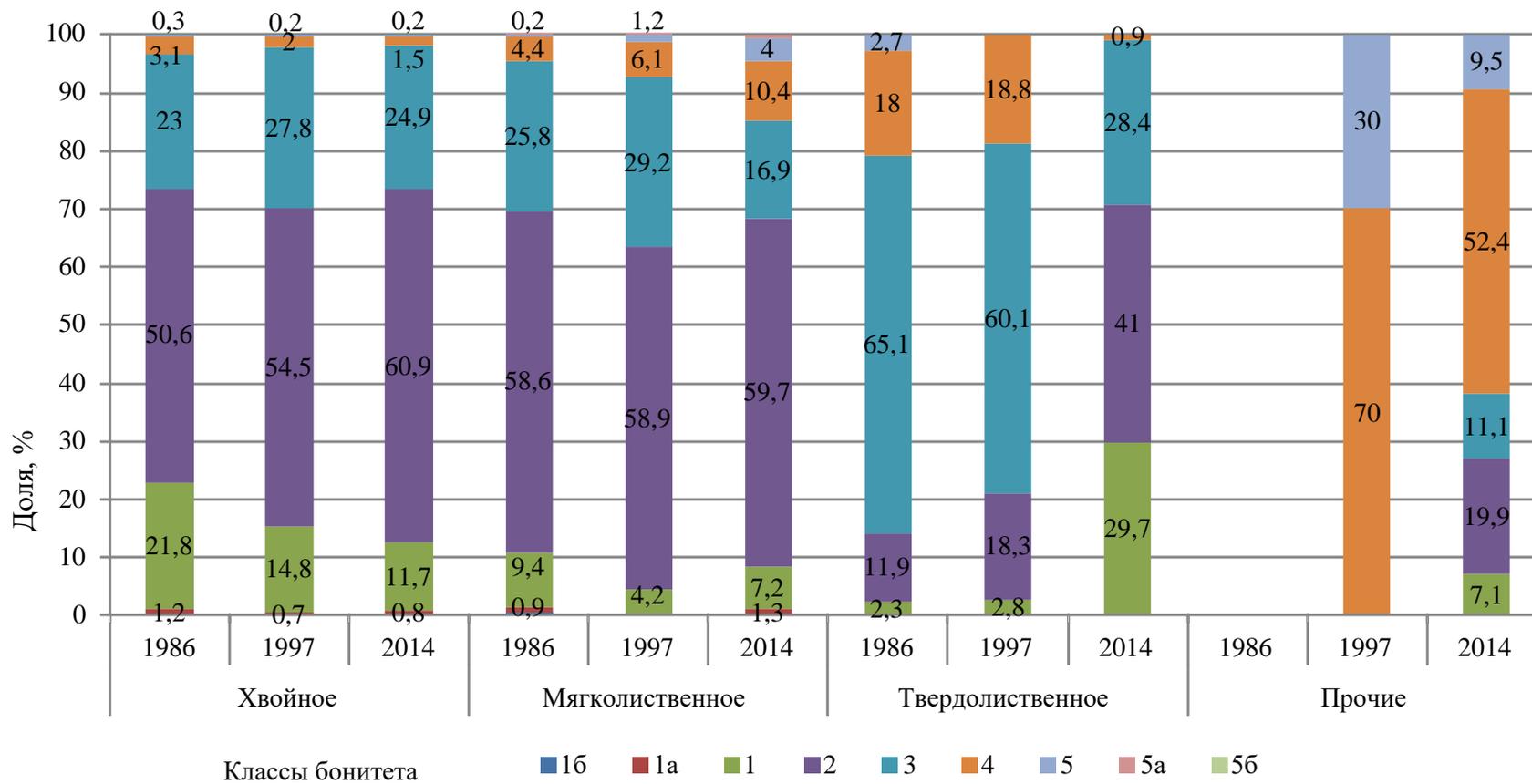


Рисунок 4.4 – Распределение площади земель, покрытых лесной растительностью, по классам бонитета

В целом, в городских лесах областного назначения произрастают насаждения высокой производительности – 2 класс бонитета и выше, их удельный вес составляет более 70,0%. Насаждения лесопарков имеют высокий экологический и рекреационный потенциал. За период с 1986 по 2014 гг. наблюдаются незначительные изменения в величине среднего класса бонитета у насаждений лесопарков. Так у хвойных и мягколиственных насаждений наблюдается снижение класса бонитета. В хвойном хозяйстве в 1986 году средний класс бонитета составил 2,1, в 2014 году – 2,2. У мягколиственных насаждений в начале анализируемого периода средний класс бонитета изменился с 2,2 до 2,4. У твердолиственных насаждений наблюдается повышение данного показателя с 3,1 до 2,0. Снижение данного показателя в насаждениях лесопарков связано в первую очередь со снижением их возраста. Данная тенденция наблюдается многими исследователями в лесах Среднего Урала (Соколов, 1970; Нагимов, 1984).

### **Полнота насаждений лесопарков**

Для городских лесов важно установление на их территории соотношения типов ландшафтов: закрытые, полуоткрытые и открытые. Данное соотношение можно определить, используя полноту насаждений лесных участков. Поэтому проанализировали данные распределения площади земель, покрытых лесной растительностью по группам полнот в динамике (рис.4.5). Установлено что на протяжении всего исследуемого периода в лесопарках преобладающими являются среднеполнотные насаждения (с полнотой 0,5 – 0,8).

В начале анализируемого периода среднеполнотные насаждения в хвойном хозяйстве занимали 82,7% площади, в мягколиственном – 63,1% и твердолиственном – 67,0%. К 2014 г. доля хвойных насаждений с полнотой 0,5 – 0,8 составила 82,1%, практически не изменилась. Доля среднеполнотных насаждений в твердолиственном и мягколиственном хозяйствах увеличилась: в первом хозяйстве с 67,0 до 73,2%, а во втором более существенно – с 63,1 до 76,6%. В целом по всем хозяйствам изменение площади среднеполнотных насаждений за анализируемый период незначительны (с 79,3 до 80,7%).

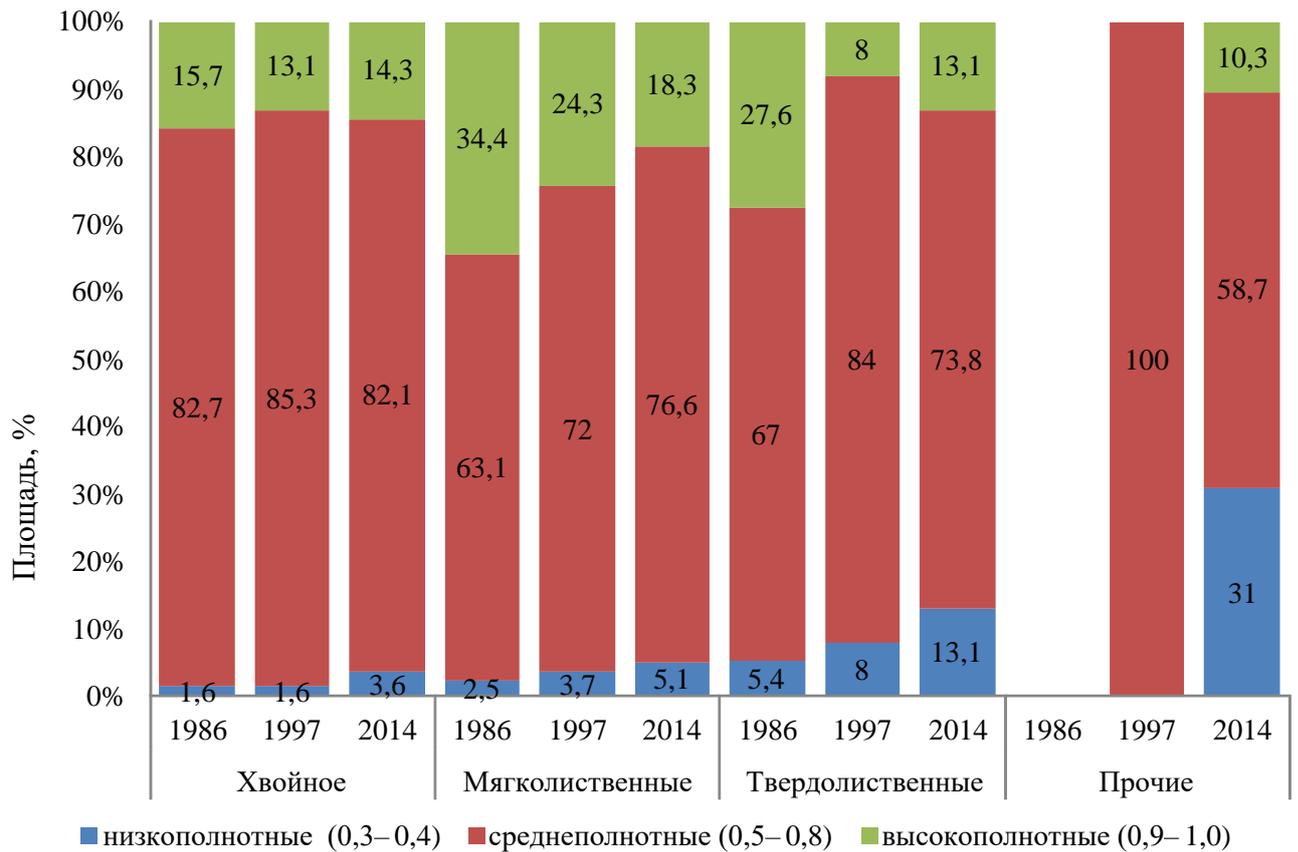


Рисунок 4.5 – Распределение площади земель, покрытых лесной растительностью, по группам полнот

В лесопарках города удельный вес высокополнотных насаждений (с полнотой 0,9 – 1,0) в 1986 г. равнялся 19,0%, в 2014 – 15,2%. Уменьшение площади высокополнотных насаждений можно объяснить двумя причинами: их старением и переходом в категорию перестойных.

Удельный вес насаждений с полнотой 0,3 – 0,4 в 1986 г. составил 1,7%, в 2014 г. – 4,1%. На территории лесопарков низкополнотных насаждений сравнительно мало.

Динамика средней полноты древостоев по всем хозяйствам в целом передается следующими цифрами. В начале исследуемого периода (в 1986 г.) величина этого показателя составила 0,75, а к 2014 г она уменьшилась до 0,71. Подобные тенденции наблюдаются в изменении данного показателя в разрезе хозяйств: в мягколиственном произошло его уменьшение с 0,79 до 0,72, в твердолиственном – с 0,74 до 0,64, в хвойном – с 0,74 до 0,71. Причиной такого явления мы считаем

высокий возраст насаждений, полное отсутствие мероприятий, направленных на их омоложение.

В лесопарках доминируют одновозрастные одноярусные насаждения, для которых характерна горизонтальная сомкнутость полога. Такие насаждения с полнотой 0,6 и выше образуют закрытый тип ландшафта. Соотношение типов ландшафтов в рекреационных лесах имеет исключительное значение. Площадь лесных выделов с закрытым типом ландшафта в 1986 году составляла 10133,5 га (94,8% от лесопокрытой площади лесопарков). К 2014 году площадь таких участков сократилась до 9096,4 га (88,6%).

В целом в лесопарках удельный вес закрытых ландшафтов сократился с 80,3% (от общей площади лесопарков) в начале исследуемого периода до 75,2% в конце периода. Оптимальной долей закрытых ландшафтов в рекреационных лесах лесной зоны признается 45 – 60%. В исследуемых лесопарках доля закрытых ландшафтов значительно выше указанной величины. Доминирование закрытых ландшафтов, безусловно, способствует сохранению лесной среды и устойчивости лесных массивов. Тем не менее, с целью повышения рекреационных качеств лесопарков, следует запланировать лесохозяйственные мероприятия, направленные на изменение существующего соотношения типов ландшафта: долю закрытых ландшафтов необходимо уменьшить до 60-70%, соответственно, увеличить долю полуоткрытых и открытых.

### **Типологическая структура насаждений лесопарков**

При проведении различных хозяйственных мероприятий по организации благоустроенного отдыха в рекреационных лесах (особенно в лесопарках), необходимо иметь данные о лесорастительных условиях таксационных выделов для выявления возможности их преобразования (ландшафтными рубками, посадкой древесно-кустарниковых видов и т.д.) в живописные ландшафтные участки.

На рисунке 4.6 представлено распределение лесопокрытой площади лесопарков по группам типов лесорастительных условий по состоянию на 1997 и 2014 гг. В лесах областного подчинения выявлено 16 типов леса, которые объединяются в

6 групп типов лесорастительных условий.

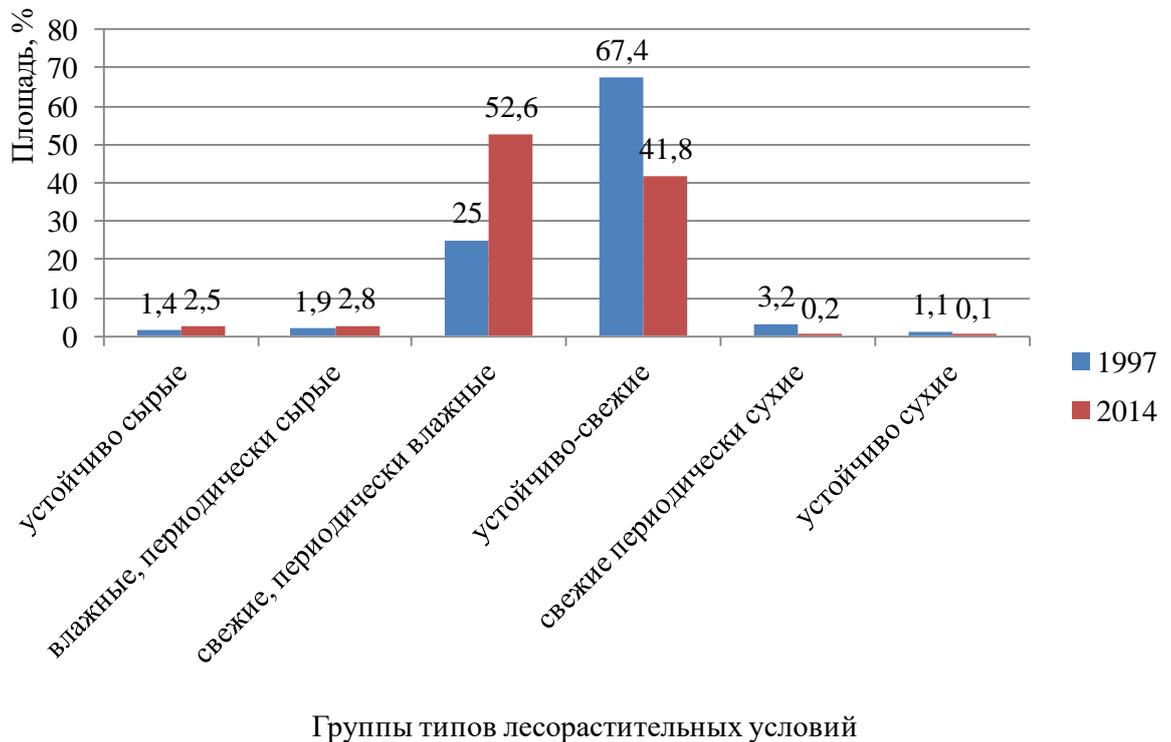


Рисунок 4.6 – Распределение площади лесопарков, покрытых лесной растительностью, по группам типов лесорастительных условий

Устойчиво-свежая и свежая, периодически влажная являются господствующими группами типов лесорастительных условий. В начале исследуемого периода большая доля приходилась на насаждения устойчиво-свежей группы (67,4%), в конце на эту группу приходилось всего 41,8% от площади. Большую долю в 2014 г. составляют насаждения свежей, периодически влажной группы (52,6%), их удельный вес в 1997 г. был в два раза меньше (25,0%). Указанные выше группы характеризуются лесорастительными условиями, создающими комфортные условия для роста и развития древесных и кустарниковых видов. Данный факт открывает большие возможности для создания более красочных ландшафтов за счет расширения видового состава.

Удельный вес остальных 4-х групп (устойчиво-сухой, свежей периодически сухой, устойчиво сырой и влажной периодически сырой) в 1997 г. и в 2014 г. достаточно мал.

В городских лесах областного подчинения доминируют насаждения двух групп типов лесорастительных условий: свежей и свежей, периодически влажной. Исследуемые леса можно считать привлекательными с точки зрения организации кратковременного отдыха населения, так и ведения лесопаркового хозяйства в них.

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

### **4.2.1. Распределение общей площади по категориям земель**

На 2017 г. общая площадь городских лесов муниципального подчинения составляет 2934,8 га. Распределение площади по категориям земель показано в табл.4.2. По данным таблицы, на исследуемой территории преобладают лесные земли, площадь которых равняется 2546,2 га, что составляет 86,8% от общей площади. Покрытые лесной растительностью земли преобладают в составе лесных земель (2426,2 га или 95,3% от площади лесных земель). Преобладают насаждения естественного происхождения. Насаждения искусственного происхождения занимают незначительную площадь 53,9 га. Земли, не покрытые лесной растительностью, занимают площадь 120,0 га (или 4,7%).

В основном они представлены прогалинами (18,4 га или 15,3% от общей площади земель, не покрытых лесной растительностью), гарями и погибшими насаждениями (13,9 га или 11,6%), пустырями (52,3 га или 43,6%). Площадь нелесных земель на исследуемой территории составляет 388,6 га (или 13,2%). В их составе преобладают болота (230 га или 59,2%), линии электропередач (63,3 га, 16,3%) и ландшафтные поляны (34,5 га, 8,9%). Представленность других категорий земель крайне незначительна.

Таблица 4.2 – Распределение площади городских лесов муниципального подчинения по категориям земель

Категории земель	Показатели	
	га	%
Общая площадь	2934,8	100
Всего лесных земель	2546,2	86,8
Из них покрытых лесной растительностью	2426,2	82,7
в том числе лесные культуры	53,8	1,8
Не покрытые лесной растительностью земли, всего	120	4,1
в том числе: несомкнувшиеся л/к	32,5	1,1
естественные редины	-	-
гари, погибшие	13,9	0,5
вырубки	1,9	0,1
прогалины	18,4	0,6
пустырь	52,3	1,8
питомники	1	-
Нелесные земли, всего	388,6	13,2
в том числе: пашня	0,9	-
озеро	0,3	-
река	4,2	0,1
пруд	0,7	-
канал	2,4	0,1
канавы	1,4	-
сады	4	0,1
дорога	2,3	0,1
противопожарный разрыв	6,9	0,2
усадьба	0,4	-
спорт площадка	0,5	-
стоянка транспорта	0,2	-
болото	230,0	7,8
прочие земли	15,6	0,5
торфоразработка	9,2	0,3
ЛЭП	63,3	2,2
телефонная линия	0,4	-
трасса	11,4	0,4
ландшафтные поляны	34,5	1,2

## 4.2.2. Распределение площади насаждений по лесоводственно-таксационным показателям

### Видовой состав насаждений

Видовой состав насаждений исследуемых лесов очень бедный. Распределение площади земель, покрытых лесной растительностью, по древесным видам представлено в табл.4.3.

Таблица 4.3 – Распределение площади земель, покрытых лесной растительностью, по древесным видам

Вид	Площадь,	
	га	%
Сосна обыкновенная	1565,5	64,5
Ель сибирская	8,4	0,4
Лиственница сибирская	4,3	0,2
Итого хвойных	1578,2	65,1
Клен ясенелистный	0,1	-
Итого твердолиственных	0,1	-
Береза повислая	838,9	34,6
Ольха серая	3,9	0,1
Осина обыкновенная	5,1	0,2
Итого мягколиственных	847,9	34,9
Итого	2426,2	100,0

На данной территории произрастают всего 7 древесных видов: 3 хвойных вида (сосна обыкновенная, ель сибирская, лиственница сибирская), 1 твердолиственный вид (клен ясенелистный) и 3 мягколиственных вида (береза повислая, осина обыкновенная, ольха серая).

На территории городских лесов муниципального подчинения преобладают хвойные насаждения. Их площадь составляет 1578,2 га (65,1% от лесопокрытой площади). Среди хвойных доминирует сосна обыкновенная, ее доля составляет 99,2% от площади хвойных.

Мягколиственные насаждения произрастают на площади 847,9 га (или 34,9% от площади земель, покрытых лесной растительностью). Господствующим древесным видом среди мягколиственных является береза повислая (98,9% от пло-

щадя мягколиственных). Доля остальных видов в группах хвойных и мягколиственных крайне мала, менее 1%.

Твердолиственные виды произрастают на площади 0,1 га. Они представлены только кленом ясенелистным.

В целом приведенные материалы свидетельствуют, что на исследуемой территории, видовой состав насаждений достаточно беден, это является серьезным недостатком. На два вида (сосна обыкновенная и береза повислая) приходится 99,1% лесопокрытой площади городских лесов.

### Возрастная структура насаждений

Распределение площади земель, покрытых лесной растительностью, в разрезе хозяйств и групп возраста представлено на рис.4.7. Ее данные свидетельствуют, что представленность площадей насаждений всех хозяйств по группам возраста крайне неравномерное.

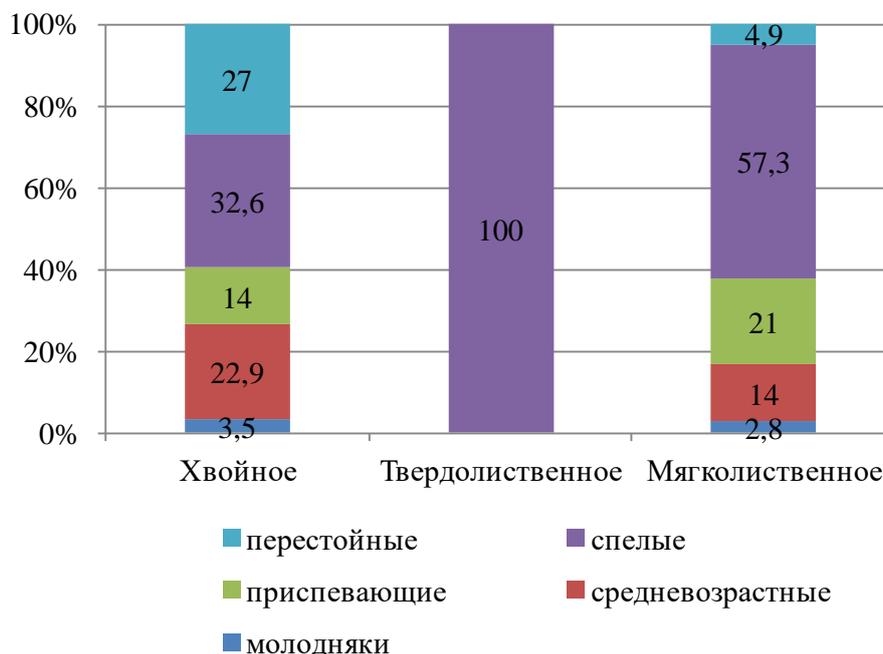


Рисунок 4.7 – Распределение площади земель, покрытых лесной растительностью, по хозяйствам и группам возраста

По хвойному хозяйству наблюдается накопление спелых (32,6%) и перестой-

ных (27,0%) насаждений. В этом хозяйстве также высока доля средневозрастных насаждений (22,9%), а участие молодняков крайне мало (3,5%).

В мягколиственном хозяйстве наблюдается доминирование спелых насаждений (57,3%). Рекреационный потенциал их не высок. В этом хозяйстве также недостаточное представительство молодняков.

В хвойном хозяйстве доминируют сосновые насаждения. Они занимают 1565,5 га (более 99% от площади хозяйства). Средний возраст их составляет 116 лет. Преобладающим видом в мягколиственном хозяйстве является береза повислая, насаждения которой занимают 838,9 га (более 98,9% от площади хозяйства). Средний возраст березовых насаждений – 73 года.

В целом возрастная структура насаждений городских лесов муниципального подчинения далека от оптимальной: совершенно недостаточна доля молодняков, в тоже время произошло большое накопление спелых насаждений.

### **Производительность насаждений**

На исследуемой территории произрастают насаждения различной производительности (табл.4.4). Хвойные виды представлены насаждениями 1а – 5б классов бонитета, мягколиственные – 1 – 5б. Твердолиственное хозяйство представлено насаждениями только одного вида (клен ясенелистный), он занимает весьма ограниченную площадь (0,1 га) и не имеет хозяйственного значения. Хвойные насаждения более производительны (средний класс бонитета – 2,8), чем мягколиственные (3,4).

Среди хвойных видов доминируют насаждения 2 класса бонитета. Их площадь составляет в абсолютном выражении 897,9 га или 56,9% от площади хвойного хозяйства. Удельный вес насаждений, отнесенных к 1а, 1 и 2 классам бонитета составляет 68,7%. Хвойное хозяйство представлено в основном высокопроизводительными насаждениями.

Доля участия насаждений 5, 5а и 5б классов бонитета (низкопроизводительных) в хвойном хозяйстве составляет почти четверть (22,5%). Представленность насаждений 3 и 4 классов бонитета в этом хозяйстве незначительна.

Таблица 4.4 – Распределение площади земель, покрытых лесной растительностью, по классам бонитета  
(в числителе – га; в знаменателе – %)

Древесный вид	Классы бонитета								Общий итог	Средний класс бонитета
	1а	1	2	3	4	5	5а	5б		
Сосна обыкновенная	3,7	177,6	895,4	113,8	18,4	120,3	216,9	19,4	1565,5	2,8
	0,2	11,3	57,2	7,3	1,2	7,7	13,9	1,2		
Ель сибирская			2,5	0,1	5,8				8,4	3,4
			29,8	1,2	69					
Лиственница сибирская	2,3	2							4,3	
	53,5	46,5								
Итого хвойные	6	179,6	897,9	113,9	24,2	120,3	216,9	19,4	1578,2	2,8
	0,4	11,4	56,9	7,2	1,5	7,6	13,7	1,3		
Клен ясенелистный				0,1					0,1	3
				100						
Итого твердолиственные				0,1					0,1	3
				100						
Береза повислая		38	214,6	104,7	357,7	111,2	12,1	0,6	838,9	3,4
		4,5	25,6	12,5	42,6	13,3	1,4	0,1		
Осина обыкновенная		0,6	2,4	0,5		1,6			5,1	2,9
		11,7	47,1	9,8		31,4				
Ольха серая					3,9				3,9	4
					100					
Итого мягколиственные		38,6	217	105,2	361,6	112,8	12,1	0,6	847,9	3,4
		4,6	25,6	12,4	42,6	13,3	1,4	0,1		
Итого	6	218,2	1114,9	219,2	385,8	233,1	229	20	2426,2	3
	0,3	9	46	9	15,9	9,6	9,4	0,8		

В мягколиственном хозяйстве максимум приходится на насаждения 4 класса бонитета. Их доля от площади хозяйства составляет 42,7%. Значительный объем составляют насаждения 2 класса бонитета. Они произрастают на территории 217,0 га, что составляет 25,6% от общей площади хозяйства. Участие насаждений высокой производительности (1а и 1 классы бонитета) не велико. Удельный вес насаждений низкой производительности (5, 5а и 5б классы бонитета) составляет значительный объем 14,8%.

В целом на территории городских лесов муниципального подчинения в достаточном объеме произрастают насаждения высокой производительности (2-го класса бонитета и выше). Суммарный удельный вес их площади составляет более 55,2%. Можно сказать, что городские леса характеризуются высоким экологическим и рекреационным потенциалом. Рекреационный потенциал насаждений городских лесов различается по хозяйствам. Средний класс бонитета по хвойным видам равен 2,8, а по лиственным ниже и составляет – 3,4.

### **Полнота насаждений**

В городских лесах муниципального подчинения распределение насаждений по группам полнот неравномерное (табл.4.5). Наибольшее распространение получили среднеполнотные (с полнотой 0,5 – 0,8) насаждения. Их представленность в хвойном хозяйстве составляет 88,8% от площади и в мягколиственном – 92,3%.

Удельный вес высокополнотных насаждений (с полнотой 0,8 – 1,0) невелико, составляет по хвойному хозяйству – 8,3%, по мягколиственному – 5,0%. Доля площади низкополнотных (с полнотой 0,3 – 0,4) насаждений по всем хозяйствам очень мала – 2,8%.

Средняя полнота насаждений по хвойным и мягколиственным породам составляет 0,68.

В целом, в городских лесах муниципального подчинения преобладают насаждения с полнотой 0,6 и выше. Удельный вес участков с закрытым типом ландшафта в общей площади составляет 71,8%. Таким образом, в настоящее время го-

родские леса характеризуются высокой долей закрытых ландшафтов, что способствует сохранению лесной среды в исследуемых лесах.

Таблица 4.5 – Распределение площади насаждений различных видов по группам полнот (в числителе – га; в знаменателе – %)

Вид	Группы полнот			Итого	Средняя полнота
	0,3 – 0,4	0,5 – 0,8	0,9 – 1,0		
Сосна обыкновенная	<u>45,1</u> 2,9	<u>1389,4</u> 88,8	<u>131,0</u> 8,4	<u>1565,5</u> 100,0	0,68
Ель сибирская	-	<u>8,4</u> 100,0	-	<u>8,4</u> 100,0	0,70
Лиственница сибирская	-	<u>4,3</u> 100,0	-	<u>4,3</u> 100,0	0,72
Итого хвойных	<u>45,1</u> 2,9	<u>1402,2</u> 88,8	131,0 8,3	<u>1578,3</u> 100,0	0,68
Клен ясенелистный	-	<u>0,1</u> 100,0	-	<u>0,1</u> 100,0	0,50
Итого твердолиственных	-	<u>0,1</u> 100,0	-	<u>0,1</u> 100,0	0,50
Береза повислая	<u>23,3</u> 2,8	<u>773,7</u> 92,2	41,9 5,0	<u>838,9</u> 100,0	0,68
Осина обыкновенная	-	<u>4,9</u> 96,1	0,2 3,9	<u>5,1</u> 100,0	0,74
Ольха серая	-	<u>3,9</u> 100,0	-	<u>3,9</u> 100,0	0,60
Итого мягколиственных	<u>23,3</u> 2,7	<u>782,5</u> 92,3	<u>42,1</u> 5,0	<u>847,9</u> 100,0	0,68
Итого	<u>68,4</u> 2,8	<u>2184,7</u> 90,0	<u>173,1</u> 7,1	<u>2426,2</u> 100,0	0,68

Для повышения рекреационной ценности городских лесов муниципального подчинения необходимо провести оптимизацию соотношения типов ландшафта.

### Типологическая структура насаждений

На территории исследуемых лесов выделено 6 групп типов лесорастительных условий (рис.4.8). Доминирующей группой типов лесорастительных условий является устойчиво-свежая (занимает 40,1% площади, покрытой лесной растительностью). Насаждения данной группы являются наиболее привлекательными для

организации рекреационного лесопользования. Среди устойчиво-свежих типов леса наибольшую долю занимает сосняк ягодниковый (94,7%).

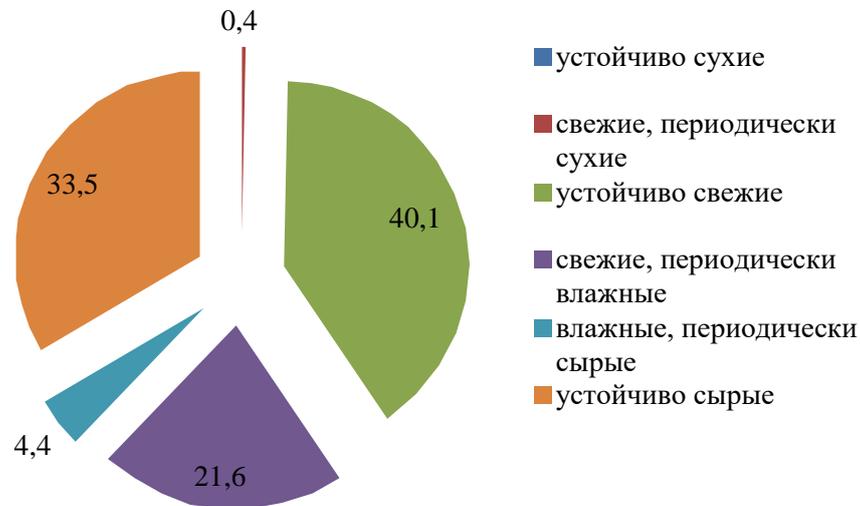


Рисунок 4.8 – Распределение площади земель, покрытых лесной растительностью, по группам типов лесорастительных условий

Также большое распространение на территории городских лесов получили насаждения следующих двух групп типов лесорастительных условий: устойчиво-сырой (33,5%) и свежей, периодически влажной (21,6%). Насаждения второй группы достаточно перспективны для рекреации. Насаждения устойчиво сырой и других, мало представленных групп (влажной, периодически сырой, свежей, периодически сухой и устойчиво сухой) большой ценности для рекреационного пользования не представляют.

Городские леса муниципального подчинения можно охарактеризовать как привлекательные для кратковременного отдыха и ведения лесопаркового хозяйства.

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

В настоящее время в границах муниципального образования «город Екатеринбург» городские леса федерального подчинения представлены частями 4-х

лесничеств: Березовского, Билимбаевского, Верх-Исетского и Сысертского. Поэтому основой для настоящих исследований послужили планово-картографические материалы и таксационные описания лесных насаждений указанных лесничеств за 2004 г., представленные в виде электронной базы данных. Распределение площади этих лесов по лесничествам представлено в таблице 4.6.

Таблица 4.6 – Распределение площади городских лесов  
федерального подчинения по лесничествам

Лесничества	Показатели		Количество кварталов, шт.
	га	%	
Верх-Исетское	20293,4	69,2	232
Билимбаевское	8340,0	28,5	102
Березовское	611,0	2,1	7
Сысертское	62,0	0,2	2
Итого:	29306,4	100	343

Как видно из данных табл.4.6, городские леса федерального подчинения на территории муниципального образования – это в основном бывшие леса Верх-Исетского и Билимбаевского лесничеств.

#### 4.3.1. Распределение общей площади по категориям земель

Городские леса федеральной собственности имеют наибольшую представленность в границах муниципального образования. Общая площадь их составляет 29306,4 га (табл.4.7).

В составе этих лесов преобладают лесные земли, занимающие 25917,6 га. Это составляет 88,5% от общей площади рассматриваемых лесов. Наибольшая доля в составе лесных земель приходится на земли, покрытые лесной растительностью. Площадь этих земель составляет 25681,6 га (87,6% от площади лесных земель). Наблюдается абсолютное доминирование насаждений естественного происхождения. Доля насаждений искусственного происхождения в лесопокрытой площади составляет всего 2,5%.

Площади, относящиеся к фонду лесовосстановления, в общей сложности со-

ставляют 166,9 га. Они включают: вырубki (57,0 га), прогалины (90,8 га), гари (11,5 га) и погибшие насаждения (7,6 га).

Таблица 4.7 – Распределение площади городских лесов федерального подчинения по категориям земель

Распределение лесного фонда по категориям земель			Показатели		
			га	%	
Общая площадь лесов			29306,4	100	
Лесные земли, га	покрытые лесной растительностью	Всего	25681,6	87,6	
		в т.ч. лесные культуры	655,9	2	
	не покрытые лесной растительностью	несомкнувшиеся лесные культуры	47,7	0,2	
		лесные питомники, плантации	20	0,1	
		естественные редины	1,4	-	
		земли, пригодные для лесовосстановления	гари	11,5	0,1
			погибшие древостои	7,6	-
			вырубki	57	0,2
			прогалины, пустыри	90,8	0,3
			Итого	166,9	0,6
всего лесных земель		25917,6	88,5		
Нелесные земли, га	пашни		174,8	0,6	
	сенокосы		764	2,6	
	пастбища		52,4	0,2	
	воды		505,2	1,7	
	сады, тутовники, ягодники		55,9	0,2	
	дороги, просеки		950	3,2	
	усадебные участки, объекты переработки заготовленной древесины и другой лесной продукции		69,7	0,2	
	болота		739	2,5	
	пески		-	-	
	ледники		-	-	
	прочие земли		77,8	0,3	
	всего нелесных земель		3388,8	11,5	

Для рассматриваемой территории характерна небольшая площадь под нелесными землями: 3388,8 га (или 11,5% от общей площади лесов). В составе данной

категории земель преобладают болота (739 га или 21,8% от площади нелесных земель), сенокосы (764 га или 22,5%) и просеки и дороги (950 га или 28,0%).

#### 4.3.2. Распределение площади насаждений по лесоводственно-таксационным показателям

##### Видовой состав насаждений

По данным лесоустройства на рассматриваемой территории произрастают насаждения 11 древесных видов (рис.4.9). Преобладающими являются хвойные виды. Они произрастают на площади 19283 га (или 75,1% от площади, покрытой лесной растительностью). Хвойные виды представлены 5 видами: сосной обыкновенной, сосной кедровой, пихтой сибирской, елью сибирской, лиственницей сибирской. Мягколиственные виды произрастают на площади 6398 га (или 24,9%). В состав этой группы входят следующие виды: береза повислая, осина обыкновенная, ольха черная и серая, ива козья и тополь бальзамический.

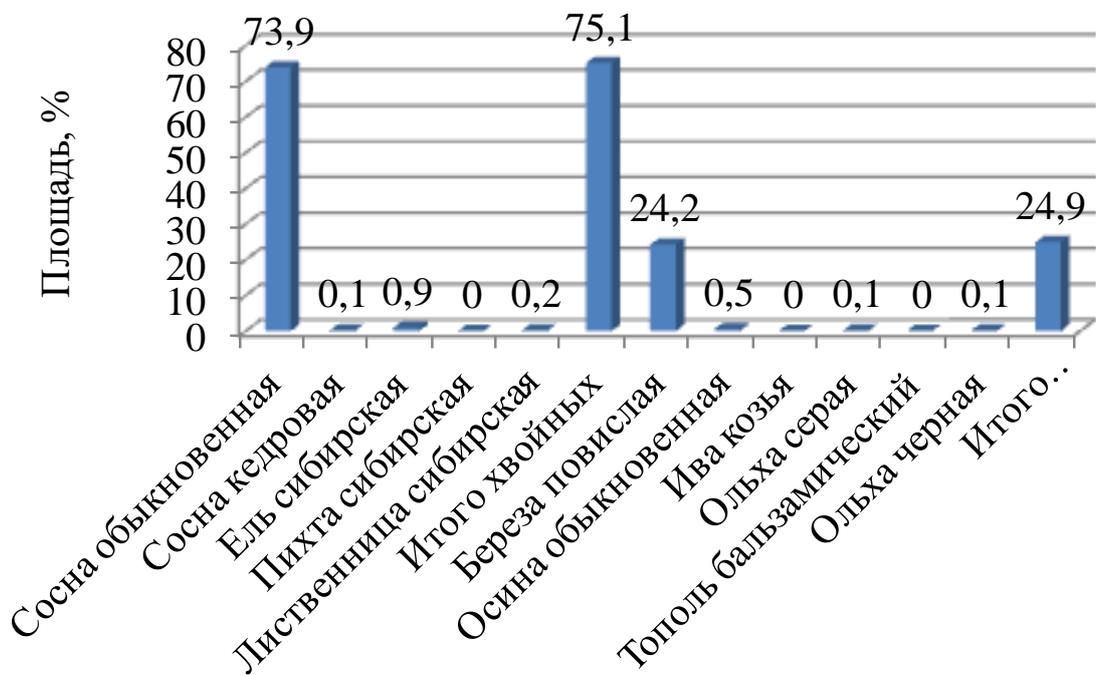


Рисунок 4.9 – Распределение площади насаждений городских лесов федерального подчинения по древесным видам

Основными лесообразующими видами являются сосна обыкновенная и береза повислая, суммарная доля их участия составляет 98,1% (73,9 и 24,2%, соответственно). Представленность остальных древесных видов незначительна (менее одного процента).

### Возрастная структура насаждений

На рисунке 4.10 представлено распределение площади насаждений городских лесов федерального подчинения в разрезе групп возраста и хозяйств (мягколиственное и хвойное).

В хвойном хозяйстве выделяются насаждения двух групп возраста средневозрастные (56,8%) и приспевающие (25,0%). В мягколиственном хозяйстве доминируют насаждения 3-х групп возраста: средневозрастные (40,8%), приспевающие (21,8%) и спелые (30,6%).

Удельный вес молодняков в хвойном хозяйстве составляет 3,1%, в мягколиственном 1,4%. Видим, что насаждений данной группы возраста, с которой связаны перспективы дальнейшего функционирования городских лесов, крайне мало.

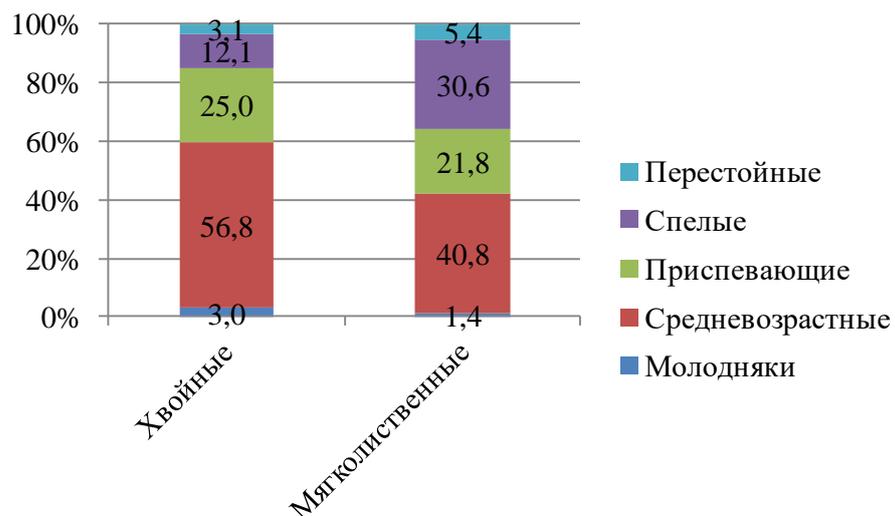


Рисунок 4.10 – Распределение площади насаждений городских лесов федерального подчинения по хозяйствам и группам возраста

В целом возрастную структуру насаждений городских лесов федерального подчинения нельзя признать удовлетворительной. В них необходимо наметить лесохозяйственные мероприятия, направленные на омоложение насаждений.

### **Производительность насаждений**

Распределение площади насаждений по видам и классам бонитета представлено в табл.4.8. Проведенный выше анализ видовой структуры, показал подавляющее доминирование сосняков и березняков на рассматриваемой площади (98,1%).

Поэтому проведем анализ производительности насаждений сосны и березы. Представленные в табл.4.8 материалы свидетельствуют, что и среди сосняков и березняков преобладают насаждения 2 класса бонитета. У сосняков они составляют площадь 11225,0 га или 59,2%, у березняков – 2231,3 га или 35,9%. На исследуемой территории высок объем насаждений высшей производительности (1 – 1б классов бонитета), в сосняках их доля составляет 21,3%, в березняках – 22,2%. Доля насаждений низкой производительности (4–5б классов бонитета) среди сосняков (10,5%) значительно ниже, чем среди березняков (26,9%).

В целом данные по распространению и производительности насаждений различных видов доказывают, что лесорастительные условия на территории городских лесов федерального подчинения соответствуют биоэкологическим особенностям сосны и березы.

Исследуемые леса характеризуются высокой производительностью. Средний класс бонитета насаждений – 2,5. Сосновые насаждения отличаются наиболее высоким средним классом бонитета (2,2). Поэтому показателю они уступают только насаждениям из видов семейства ивовых, которые на рассматриваемой территории хозяйственного значения практически не имеют.

Таблица 4.8 – Распределение площади насаждений различных видов по классам бонитета

Вид	Площадь, га	Классы бонитета								Средний класс бонитета
		1а - 1б	1	2	3	4	5	5а	5б	
Сосна обыкновенная	18966,9	55,8	3990,1	11225	1708,8	247,7	917,6	644,4	177,5	2,2
Береза повислая	6207,1	-	1379,8	2231,3	959	1337,3	267,2	32,5	-	2,5
Кедр сибирский	15,8	-	-	2,8	11,7	1,3	-	-	-	3,0
Осина обыкновенная	119,9	-	8,6	100,2	11,1	-	-	-	-	2,0
Ель сибирская	237,9	-	-	16,1	86,7	86,3	48,8	-	-	3,7
Лиственница сибирская	60,3	2	27,7	29,3	1,3	-	-	-	-	3,5
Ольха серая	33,3	-	-	-	-	19,2	14,1	-	-	4,4
Пихта сибирская	2,3	-	-	-	2,3	-	-	-	-	3,0
Ольха черная	30,8	-	-	-	-	30,8	-	-	-	4,0
Тополь бальзамический	2,8	2,6	0,2	-	-	-	-	-	-	1а,1
Ива козья	4,5	0,1	0,7	2,7	1	-	-	-	-	2,0
Итого, га	25681,6	60,5	5407,1	13607,4	2781,9	1722,6	1247,7	676,9	177,5	2,5
%	100	0,2	21,1	53,0	10,8	6,7	4,9	2,6	0,7	-

### Полнота насаждений

Распределение площади насаждений по группам полнот в разрезе преобладающих видов представлено в табл.4.9.

Таблица 4.9 – Распределение площади насаждений различных видов по группам полнот

Вид	Площадь , га	Распределение площадей по группам полнотам						Средняя полнота
		низкополнотные (0,3-0,4)		среднеполнотные (0,5-0,8)		высокополнотные (0,9-1,0)		
		га	%	га	%	га	%	
Сосна обыкновенная	18966,9	177,7	0,94	16529,8	87,15	2259,4	11,91	0,73
Ель сибирская	237,9	5,5	2,31	227,3	95,54	5,1	2,14	0,75
Лиственница сибирская	60,3	2,9	4,81	53,5	88,72	3,9	6,47	0,75
Кедр сибирский	15,8	-	-	15,8	100,00	-	-	0,61
Пихта сибирская	2,3	-	-	2,3	100,00	-	-	0,77
Итого хвойных	-	186,1	0,97	16828,7	87,27	2268,4	11,76	0,73
Береза повислая	6207,1	44,6	0,72	5162,4	83,17	1000,1	16,11	0,73
Осина обыкновенная	119,9	6,9	5,75	85,7	71,48	27,3	22,77	0,69
Ольха серая	33,3	12,2	36,64	19,3	57,96	1,8	5,41	0,66
Ольха черная	30,8	-	-	30,8	100,00	-	-	0,50
Ива	4,5	1,6	35,56	2,9	64,44	-	-	0,56
Тополь бальзамиче- ский	2,8	-	-	2,8	100,00	-	-	0,54
Итого лиственных	-	65,3	1,02	5303,9	82,89	1029,2	16,09	0,75
Итого	25681,6	251,4	0,98	22132,6	86,18	3297,6	12,84	0,73

Как видно из ее данных, на исследуемой территории наибольшее распространение имеют среднеполнотные насаждения (полнота 0,5 – 0,8) занимают площадь 22132,6 га или 86,2% от лесопокрытой площади. Насаждения с полнотой 0,9 – 1,0 произрастают на площади 3297,6 га, или 12,8%. Насаждений относящихся-

ся к группе низкополнотных, у которых полнота 0,3 – 0,4 незначительно, всего 251,4 га (менее 1,0%). Преобладание среднеполнотных насаждений характерно для наиболее представленных в городских лесах федерального подчинения сосняков и березняков.

Средняя полнота исследуемых насаждений составляет 0,73. У хвойных насаждений средняя полнота также равна 0,73, у мягколиственных на 0,02 единицы больше, то есть 0,75.

В исследуемых лесах преобладают в основном одновозрастные одноярусные насаждения с горизонтальной сомкнутостью полога. Такие насаждения с относительной полнотой 0,6 и выше образуют закрытый тип ландшафта. Площадь лесотаксационных выделов, относящихся к данному типу ландшафта, равняется 24611,4 га (или 95,8% от лесопокрытой площади исследуемых лесов).

Удельный вес закрытых типов ландшафтов (то есть участков с полнотой 0,6 и выше) от общей площади городских лесов федерального подчинения составляет 84,0%. Оптимальной долей закрытых ландшафтов в рекреационных лесах лесной зоны при лесоустройстве признается 45 – 60%. В исследуемых лесах доля закрытых ландшафтов значительно выше указанной величины. Доминирование закрытых ландшафтов, безусловно, способствует сохранению лесной среды и устойчивости лесных массивов.

### **Типологическая структура насаждений**

На рисунке 4.11 представлено распределение площади насаждений по группам типов лесорастительных условий. Типологическая структура насаждений на исследуемой территории представлена 6 группами типов лесорастительных условий. Преобладают насаждения устойчиво свежей группы. Насаждения данной группы произрастают на площади 18109,5 га, что составляет 70,5%. Насаждения свежей, периодически влажной группы типов лесорастительных условий произрастают на площади 2900 га (или 11,3%). Насаждения двух перечисленных типов лесорастительных условий характеризуются высокой производительностью, повышенными санитарно-гигиеническими и рекреационными показателями. Преоб-

ладание данных групп на исследуемой территории 21009,5 га (81,8%) – весьма положительный факт.

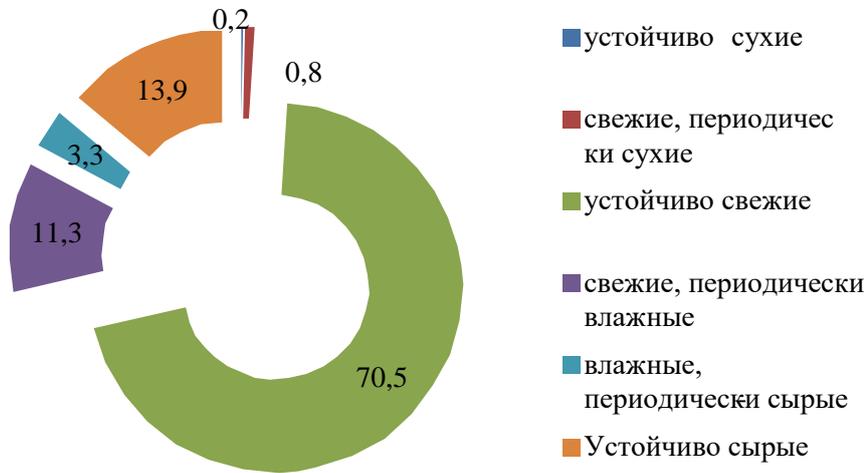


Рисунок 4.11 – Распределение площади земель покрытых лесной растительностью, по группам типов лесорастительных условий (%)

На территории городских лесов федерального подчинения насаждения устойчиво сырой группы занимают достаточно большую площадь 3354,3 га, что составляет 13,9%. Они характеризуются достаточно низкой производительностью.

Представленность групп: устойчиво сухой, свежей, периодически сухой и влажной, периодически сырой – незначительна.

В целом типологическая структура насаждений городских лесов федерального подчинения может считаться благоприятной для организации отдыха. Насаждения успешно выполняют климаторегулирующие, санитарно-гигиенические и рекреационные функции, оказывают положительное влияние на экологическую среду города и обеспечивают благоприятные условия для отдыха людей.

### **Выводы по главе**

На территории исследуемых объектов (лесопарков, городских лесов федерального и муниципального подчинений) преобладают лесные земли. Их доля в общей площади указанных объектов колеблется от 86,6% в лесопарках до 88,5% в городских лесах федерального подчинения. В составе лесных земель доминируют земли, покрытые лесной растительностью, удельный вес которых в городских лесах муниципального подчинения составляет 95,3%, в лесопарках – 98,1%, а в городских лесах федерального подчинения – 99,1%. На всех объектах преобладают насаждения естественного происхождения. Площади лесных культур незначительны. В лесопокрытой площади лесопарков доля лесных культур составляет 6,4%, а в городских лесах муниципального и федерального подчинений – 2,5%.

Городские леса федерального, областного и муниципального подчинений заметно отличаются количеством древесно-кустарниковых видов. В лесах областного подчинения произрастают насаждения 22 древесно-кустарниковых видов, федерального подчинения – 11, а в городских лесах муниципального подчинения – только 7. На всех трех объектах преобладают хвойные насаждения. Их удельный вес в общей лесопокрытой площади лесопарков составляет 82,0%, городских лесов муниципального подчинения – 65,1% и городских лесов федерального подчинения – 75,1%. Несмотря на значительное количество древесных видов, они кроме сосны обыкновенной и березы повислой, не играют существенной роли в формировании ландшафтов и экологической обстановки на территории муниципального образования. Это объясняется абсолютным доминированием сосновых и березовых насаждений (их суммарная доля в лесопарках составляет 97,6%, в городских лесах муниципального подчинения – 99,1% и в городских лесах федерального подчинения – 98,1%) и чрезвычайно малым участием насаждений остальных видов на изучаемых территориях. В этой связи, в перспективе одной из главных составляющих антропогенного воздействия на исследуемые экосистемы должно стать существенное расширение площадей мало представленных в настоящее время видов. Внедрение ели сибирской, лиственницы сибирской, сосны кедровой, липы мелколистной, ясеня пенсильванского приведет к повышению эс-

стетической и экологической ценности исследуемых объектов, т.к. суммарная площадь насаждений этих видов весьма ограничена.

Распределение площадей насаждений по группам возраста во всех трех изучаемых объектах крайне неравномерное. В лесопарках и городских лесах муниципального подчинения по занимаемым площадям резко выделяются спелые насаждения, превосходство которых над насаждениями других групп возраста весьма значительно. В городских лесах федерального подчинения наибольшие площади характерны для средневозрастных и приспевающих насаждений. В настоящее время в возрастной структуре исследуемых насаждений отмечаются две негативные тенденции.

Во-первых, произошло накопление спелых и перестойных насаждений (особенно в лесопарках и городских лесах муниципального подчинения). Так, в лесопарках суммарная доля спелых и перестойных насаждений в хвойном хозяйстве составляет 59,7%, в мягколиственном – 48,9%. В городских лесах эти показатели, соответственно, равны 59,7 и 62,2%. Данные насаждения имеют невысокое санитарное состояние. Поэтому их эффективность в выполнении экологических, рекреационных, санитарно-гигиенических и эстетических функций недостаточна.

Во-вторых, удельный вес молодняков держится на крайне низком уровне. На всех объектах он не превышает 2 - 4%. Молодняки это основной резерв для комплектования средневозрастных насаждений, а их представленность в достаточных объемах – условие для оптимизации возрастной структуры лесов.

В целом, проведенный анализ возрастной структуры насаждений свидетельствует о необходимости принятия срочных мер по омоложению насаждений на исследуемых объектах.

В районе исследований встречаются насаждения 6 групп типов леса (от устойчиво сырых до устойчиво сухих). Эти типы леса существенно отличаются по производительности (класс бонитета меняется от 1а до 5б). Следует заметить, что по площади на территории исследуемых объектов преобладают насаждения 2 класс бонитета и выше, относящиеся к устойчиво свежей и свежей периодически влажной группам типов леса. Удельный вес указанных групп типов леса в общей

лесопокрытой площади в лесопарках составляет 94,4%, в городских лесах муниципального подчинения – 61,7% и в городских лесах федерального подчинения – 81,8%. Доля насаждений высокой производительности (2 класс бонитета и выше) наиболее высока в городских лесах федерального подчинения (74,3%), в лесопарках она составляет 72,1%, в городских лесах муниципального подчинения – 55,2%. Хвойные насаждения более производительны (средний класс бонитета на исследуемых объектах колеблется от 2,2 до 2,8), чем лиственные (от 2,4 до 3,4). При сравнении насаждений лесопарков и городских лесов федерального подчинения обнаруживается, что лесопарки имеют меньший удельный вес высокопроизводительных насаждений. Это объясняется преобладанием в лесопарках насаждений более высокого возраста.

Приведенная лесоводственно-таксационная характеристика насаждений свидетельствуют об их высоком рекреационном потенциале. Анализ распространения и производительности насаждений различных пород позволяет констатировать, что лесорастительные условия в защитном лесном поясе г. Екатеринбурга в большей степени соответствуют биоэкологическим особенностям сосны.

В исследуемых лесах преобладают среднеполнотные насаждения (с полнотой 0,5 – 0,8). Их доля в лесопарках составляет 80,7%, в городских лесах муниципального подчинения – 90,1% и в городских лесах федерального подчинения – 86,2%. Наибольшее значение средней полноты насаждений (0,73) характерно для городских лесов федерального подчинения, а наименьшее (0,68) для городских лесов муниципального подчинения.

Все три объекта защитного лесного пояса города характеризуются высокой долей насаждений с полнотой 0,6 и выше (закрытых ландшафтов). В лесопарках удельный вес таких насаждений достигает 75,2% (от общей площади исследуемых лесов), в городских лесах муниципального подчинения – 71,8% и в городских лесах федерального подчинения – 84,0%. Таким образом, в настоящее время соотношение типов ландшафта на исследуемых объектах не укладывается в рамки применяемых при лесоустройстве рекомендаций. Для повышения рекреационной ценности городских лесов, необходимо хозяйственными мероприятиями обеспе-

чить оптимальное соотношение типов ландшафта.

Ретроспективный анализ динамики площадей различных категорий земель (за период с 1956 по 2014 гг.) и показателей насаждений лесопарков города (с 1986 по 2014 гг.) позволяет отметить следующее.

Изменения в структуре лесного фонда за анализируемый период не существенны. Произошло некоторое увеличение доли лесных земель (на 1,4%), а в их составе – земель, покрытых лесной растительностью (на 3,1%). Удельный вес лесных культур в составе лесопокрытых площадей, несмотря на некоторый его рост, остается на низком уровне (6,4%). Следует отметить, что вторая половина анализируемого периода характеризуется увеличением площадей нелесных земель (с 1303 до 1625,2 га). Этот негативный процесс в том числе связан с усилением заболачивания территории некоторых лесопарков. В 2014 г. в лесопарках города болота занимали 586,2 га (36,1% от площади нелесных земель). Они снижают эстетическую ценность лесопарков и малопригодны для развития рекреационной деятельности. Поэтому актуальным вопросом в лесопарковом хозяйстве города является проведение мероприятий по предотвращению процесса образования болот.

За последние три десятилетия в лесопарках заметно увеличилось (с 14 до 22) количество представленных на их территории древесных и кустарниковых видов. Происходило заметное сокращение (на 6,8%) площади хвойных видов и увеличение (на 6,7%) лиственных. В целом, в исследуемых лесопарках отмечается общая для лесов Среднего Урала тенденция в динамике площадей хвойных и мягколиственных видов. Твердолиственные виды занимают небольшую площадь. Она в 2014 году занимала всего 22,9 га.

Возрастная структура насаждений за 28-летний период значительно ухудшилась. В хвойном хозяйстве существенно (с 82,2 до 19,7%) сократились площади средневозрастных насаждений и увеличились площади спелых и перестойных насаждений. В частности, удельный вес спелых насаждений возрос с 10,1 до 47,8%, а перестойных – с 0,0 до 11,9%. Так же заметно уменьшилась (с 71,8 до 27,2%) доля средневозрастных насаждений и возросла (с 0,6 до 9,1%) доля пере-

стойных насаждений в мягколиственном хозяйстве.

Площади молодняков не позволяют в настоящее время естественным путем улучшить возрастную структуру лесопарков. Доля молодняков хотя и несколько возросла (с 4,9 до 8,6%), но остается на очень низком уровне.

За последние три десятилетия средний класс бонитета хвойных и мягколиственных насаждений снизился с 2,1 до 2,2 и с 2,2 до 2,4, соответственно. У твердолиственных насаждений этот показатель, наоборот, увеличился (с 3,1 до 2,0). На снижение класса бонитета, безусловно, оказывает влияние увеличение среднего возраста насаждений.

За исследуемый период произошло некоторое снижение полноты насаждений (с 0,75 до 0,71). Причем этот показатель в большей степени уменьшился в мягколиственном (с 0,79 до 0,72) и твердолиственном (с 0,74 до 0,64) хозяйствах и в меньшей – в хвойном (с 0,74 до 0,71).

Доля закрытых ландшафтов в лесопарках за 28-летний период изменилась незначительно (с 80,3 до 75,2%).

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

Вокруг городской застройки, расположены леса защитно-рекреационного пояса города. Основное их предназначение – использование для кратковременного отдыха граждан.

Для оценки рекреационной ценности насаждений в лесопарках и городских лесах обязательно производят ландшафтную таксацию, в ходе которой для каждого лесотаксационного выдела определяют следующие ландшафтные показатели: тип ландшафта, класс эстетической ценности, балл рекреационной оценки, класс устойчивости и стадию рекреационной дигрессии.

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

#### **5.1.1. Типы ландшафтов**

В табл.5.1 представлено распределение площади выделов по типам ландшафта. Анализ табл.5.1 свидетельствует, что в лесопарках города преобладают закрытые пространства. Данные насаждения – это чистые и смешанные насаждения с относительной полнотой 0,6 и выше, в основном, с горизонтальной сомкнутостью. Площадь насаждений с типом ландшафта закрытые в 1986 году составляла 10131,8 га (81,6% от общей площади лесопарков). В 2014 году площадь данной категории уменьшилась до 9060 га или до 76,0%.

Для типа ландшафта полуоткрытые характерно господство насаждений с полнотой 0,3 – 0,5 и незначительным участием рединых древостоев. Такие ландшафты для городских лесов рекреационного назначения необходимы.

Полуоткрытые типы ландшафтов характеризуются большей перспективой, чем закрытые пространства, большими визуальными связями с примыкающими участками, в них ярче проявляются декоративные достоинства отдельно стоящих деревьев и групп.

Таблица 5.1 – Динамика распределения площади выделов в лесопарках по типам ландшафтов

Тип ландшафта	Характеристика насаждений	Год лесоустройства	Площадь,	
			га	%
закрытый	с горизонтальной сомкнутостью, относительной полнотой 1,0 - 0,6	1986	10001,4	80,5
		1997	8922,4	73,5
		2014	8813,3	73,9
	с вертикальной сомкнутостью, относительной полнотой 1,0 - 0,6	1986	130,4	1,0
		1997	582,7	4,8
		2014	246,7	2,1
полуоткрытый	с равномерным размещением деревьев с относительной полнотой 0,5 - 0,3	1986	361,3	2,9
		1997	364,2	3,0
		2014	944,1	7,9
	с групповым размещением деревьев, относительной полнотой 0,5 - 0,3	1986	98,7	0,8
		1997	145,7	1,2
		2014	265,3	2,3
	рединные древостой	1986	102,8	0,8
		1997	170,0	1,4
		2014	4,9	-
открытый	поляны с единичными деревьями, относительной полнотой 0,1 - 0,2	1986	1189,7	9,6
		1997	594,8	4,9
		2014	557,1	4,7
	площади без древесной растительности	1986	539,5	4,3
		1997	1359,6	11,3
		2014	1089,1	9,2

Ретроспективный анализ показал положительную динамику – увеличение площади участков полуоткрытых ландшафтов более чем в 2 раза. Так в начале анализируемого периода они составляли 562,8 га (4,5%), в конце – 1214,3 га (10,2%).

Открытые типы ландшафтов представлены всеми видами площадей, не занятых плотными насаждениями и сооружениями: водоемами, ландшафтными поля-

нами, лужайками. В 1986 г. они составляли 1729,2 га (13,9%). За 28-летний период их площадь уменьшилась на 83 га. В 2014 г. равняется 1646,2 га (13,9%). Видим, в относительном выражении доля открытых ландшафтов не изменилась и находится на одном уровне.

Для лесопарков в лесной зоне Н.М. Тюльпанов (1975) предложил следующее соотношение типов ландшафтов: закрытые – 55 – 60%, полуоткрытые – 25 – 30%, открытые – 15 – 20% (Тюльпанов, 1975).

Проведя анализ соотношения типов ландшафтов для лесопарков города, установили, что фактическое соотношение – не оптимально. Удельный вес закрытых ландшафтов составляет 76,0%, что значительно превышает верхнюю границу рекомендаций Н.М. Тюльпанова. Доля полуоткрытых ландшафтов почти в 2,5 – 3 раза меньше рекомендуемой.

Для повышения рекреационной ценности лесопарков необходимо проведение лесохозяйственных мероприятий, которые приведут к оптимальному соотношению типов ландшафта.

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

В рекреационных лесах все компоненты растительности рассматриваются в комплексе. Основными качествами, которыми они должны обладать – это красочность и гармоничность. Данные факторы оказывают положительное эмоциональное восприятие насаждений отдыхающими. Эти качества насаждений определяются классом эстетической оценки (Гусев и др., 1981). Распределение площади насаждений лесопарков по классам эстетической ценности приведено в табл.5.2.

Насаждения лесопарков относятся ко всем трем классам эстетической ценности. В начале исследуемого периода в 1986 г. доминируют выдела, в которых насаждения относятся к первому классу эстетической ценности, их доля составляла 67,9%. К концу анализируемого периода (2014 г.) к первому классу относится всего 39,5%. За 28-летний период произошло существенное снижение эстетических и декоративных качеств насаждений участков.

Таблица 5.2 – Распределение площади лесопарков по классам эстетической оценки (%)

Класс эстетической ценности	Год лесоустройства	Площадь, %
1	1986	67,9
	1997	57,9
	2014	39,5
2	1986	22,5
	1997	24,5
	2014	49,4
3	1986	9,6
	1997	17,6
	2014	11,1

В 1986 г. доля насаждений второго класса эстетической ценности равнялась 22,5%. К 2014 г. в данный класс уже являлся преобладающим. Доля насаждений данного класса составляет 49,4%. За 28-летний период произошло увеличение площади насаждений второго класса более чем в два раза.

Удельный вес ландшафтных участков, декоративно-эстетические качества, которых невозможно улучшить традиционными лесоводственными методами, то есть третьего класса эстетической оценки составлял в 1986 г. 9,6%, а к 2014 г. – 11,1%. Значительного увеличения не наблюдается.

Далее рассчитали для каждого временного периода средний класс эстетической ценности ландшафтных участков (рис.5.1).

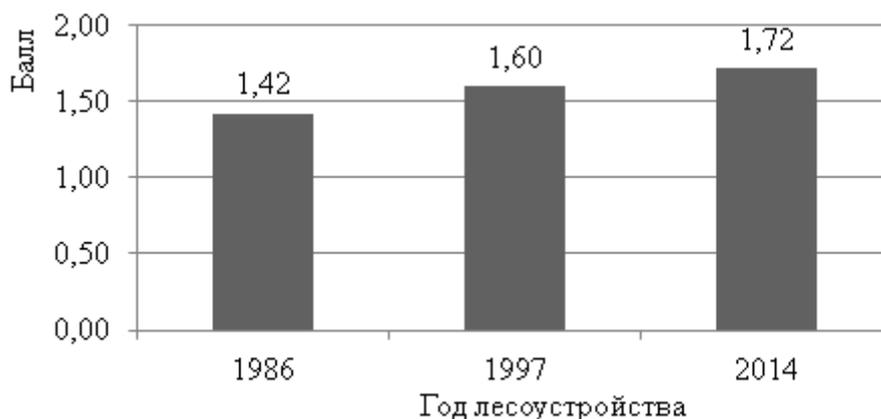


Рисунок 5.1 – Средний класс эстетической ценности по годам лесоустройства

Анализируя график, видим, постепенное снижение эстетичности и декоративности насаждений лесопарков. Средний класс эстетической ценности в 1986 г. составлял 1,42, в 1997 г. – 1,60, а в 2014 г. – 1,72. Рост городского населения, увеличение рекреационных нагрузок и техногенных загрязнений с одной стороны, увеличение возраста насаждений с другой стороны, являются основными причинами снижения декоративных и эстетических качеств ландшафтных участков лесопарков.

### 5.1.3. Рекреационная оценка

Изменение рекреационных качеств ландшафтных участков в ретроспективе представлено в табл.5.2.

Таблица 5.2 – Распределение площади лесопарков по рекреационной оценке (%)

Рекреационная оценка	Год лесоустройства	Площадь, %
Высокая	1986	59,3
	1997	49,1
	2014	18,3
Средняя	1986	38,4
	1997	39,2
	2014	67,1
Слабая	1986	2,3
	1997	11,7
	2014	14,6

На долю участков, не требующих дополнительных мероприятий для организации отдыха, с высокой рекреационной оценкой в 1986 г. приходилось 59,3%, в 1997 г. – 49,1%, в 2014 г. – 18,3%. Произошло уменьшение площадей насаждений с данной рекреационной оценкой более чем в 3 раза за исследуемый период. Уменьшение площади участков высокой рекреационной оценки произошло за счет увеличения участков, имеющих среднюю и слабую рекреационные оценки. Это такие участки, в которых необходимо соответственно незначительное хозяйственное воздействие для организации благоустроенного отдыха или достаточно

большие капиталовложения. Так, доля площадей насаждений со средней оценкой выросла с 38,4 до 67,1%, то есть увеличилась почти в 2 раза. Доля выделов с низкой оценкой увеличилась с 2,3 до 14,6%, то есть в 6,3 раза. Насаждения на территории лесопарков, требуют все больших вложений для проведения мероприятий, поддерживающих их на достаточном рекреационном уровне.

Для каждого временного среза рассчитали средний балл рекреационной оценки (рис.5.2). В начале анализируемого периода его величина равнялась 1,43, в конце – 1,96.

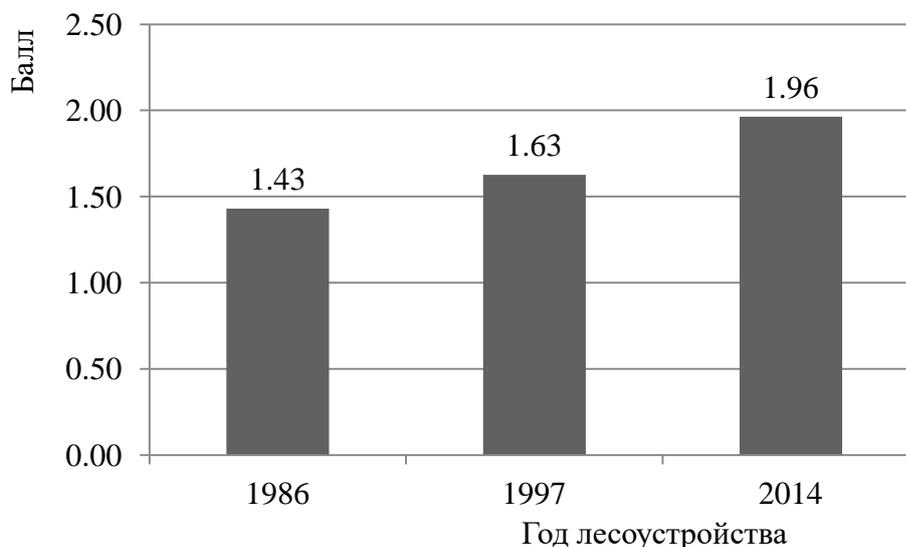


Рисунок 5.2 – Средний балл рекреационной оценки по годам лесоустройства

Произошло снижение среднего балла на более чем 0,5 единицы. Наблюдается устойчивая динамика ухудшения рекреационных характеристик лесопарковых насаждений за 28-летний период.

Представленные материалы доказывают, что к концу исследуемого периода в лесопарках г. Екатеринбурга значительно ухудшилось соотношение площадей насаждений с высокими, средними и низкими рекреационными качествами. Это объясняется возросшими рекреационными нагрузками на исследуемые насаждения. В этой связи лесохозяйственные работы по улучшению санитарного состояния насаждений, по благоустройству территории, и их объемы можно считать недостаточными.

### 5.1.4. Классы устойчивости

У насаждений рекреационных лесов важным показателем является класс устойчивости. Данный показатель определяет способность насаждений сохранять свои свойства и качества в условиях техногенных и рекреационных воздействий. В таблице 5.3. представлена динамика изменения доли площадей лесопарков по классам устойчивости.

Таблица 5.3 – Распределение площади насаждений лесопарков по классам устойчивости

Классы устойчивости	Год лесоустройства	Площадь, %
1	1986	80,0
	1997	62,3
	2014	54,4
2	1986	19,0
	1997	31,1
	2014	41,6
3	1986	1,0
	1997	6,5
	2014	3,5
4	1986	-
	1997	0,1
	2014	0,5

На протяжении всего анализируемого периода доминируют насаждения первого класса устойчивости. В 1986 г. они составляли 80,0% от площади, в 1997 г. – 62,3%, в 2014 г. – 54,4%. Наблюдается тенденция устойчивого сокращения площадей насаждений первого класса устойчивости.

Сокращение площади насаждений первого класса устойчивости происходит за счет увеличения площадей насаждений второго класса устойчивости. В начале анализируемого периода доля насаждений второго класса равнялась 19,0% от лесопокрытой площади, в конце периода – 41,6%. Произошло увеличение площадей насаждений данного класса более чем в 2 раза.

Представленность насаждений третьего и четвертого классов устойчивости в лесопарках незначительна.

Для каждого периода по данным табл.5.3 рассчитали средний класс устойчи-

вости насаждений (рис.5.3). В 1986 г. он равнялся 1,21, в 1997 г. – 1,44 и в 2014 г. – 1,50. В целом за 28 - летний период наблюдается снижение устойчивости насаждений.

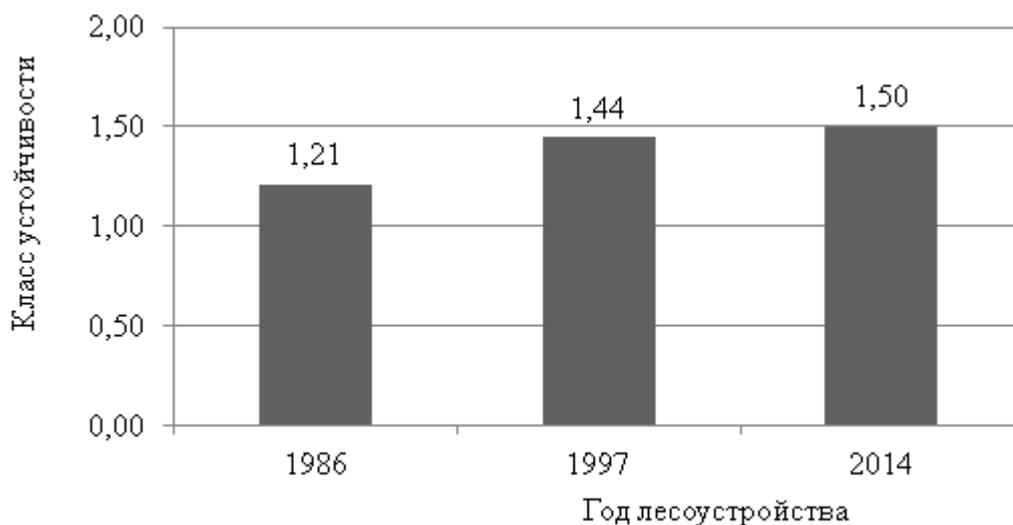


Рисунок 5.3 – Средний класс устойчивости насаждений по годам лесоустройства

При проектировании хозяйственных мероприятий на территории лесопарков данную тенденцию нельзя оставить без внимания.

### 5.1.5. Стадии рекреационной дигрессии

Для насаждений рекреационных лесов обязательным показателем при ландшафтной таксации также является стадия рекреационной дигрессии. Он показывает степень негативных изменений в лесном биогеоценозе. В основе определения рекреационной дигрессии лежат следующие признаки: нарушенность целостности почвенного покрова, состояние подроста, подлеска и древостоя и др. Выделяют пять стадий рекреационной дигрессии.

В связи с усилением рекреационных нагрузок в лесопарках города провели ретроспективный анализ изменения данного показателя на исследуемой территории (рис.5.4).

В начале анализируемого периода в лесопарках произрастали насаждения в

основном 1-й стадии рекреационной дигрессии (80,3% от лесопокрытой площади). В конце периода исследования их доля снизилась значительно до 49,8%.

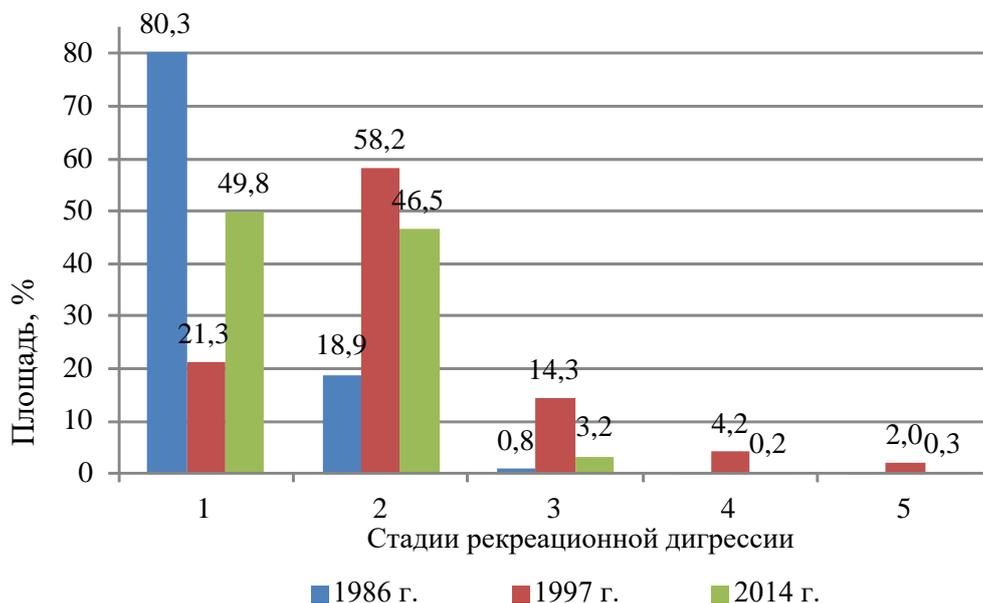


Рисунок 5.4 – Распределение площади насаждений лесопарков по стадиям рекреационной дигрессии

В 1986 г. доля второй стадии дигрессии (когда наблюдаются незначительные изменения лесной среды) составила 18,9% от площади, а к 2014 г. выросла до 46,5%. Увеличение площади насаждений второй стадии рекреационной дигрессии происходило за счет сокращения площадей первой. Их удельный вес вырос практически в 2,5 раза.

Участков значительной и сильной степени нарушенности (четвертой и пятой стадий дигрессии) в городских лесах областного подчинения не значительно. В 1986 г. они практически отсутствовали.

Ретроспективный анализ показал, что за 28 - летний период процессы нарушения лесной среды в насаждениях лесопарков города обостряются.

За анализируемый период режимы рекреационной деятельности, не в полной мере соответствовали быстро меняющимся из-за роста населения города показателям рекреационной нагрузки: рекреационной плотности, рекреационной посещаемости и рекреационной интенсивности

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

### 5.2.1. Типы ландшафтов

В настоящее время в городских лесах муниципального подчинения преобладают закрытые пространства (табл.5.4). Их площадь составляет 2106,3 га или 86,8% от общей площади городских лесов. Преобладают насаждения с горизонтальной сомкнутостью, их доля составляет 77,2%. Доля участков, относящихся к закрытому типу ландшафта с вертикальной сомкнутостью, составляет 9,6%.

Полуоткрытые ландшафты в городских лесах представлены только насаждениями с относительной полнотой 0,3 – 0,5. Общая площадь этих участков составляет 319 га или 13,2%. Общая площадь выделов с типом ландшафта открытый составляет всего 0,4 га.

В целом можно сказать, что в городских лесах муниципального подчинения соотношение типов ландшафтов нельзя признать удовлетворительным. Для повышения рекреационной ценности необходимо увеличивать долю полуоткрытых и открытых ландшафтов.

Таблица 5.4 – Распределение площади выделов по типам ландшафтов

Тип ландшафта	Характеристика насаждений	Площадь	
		га	%
закрытый	с горизонтальной сомкнутостью, относительной полнотой 1,0 – 0,6	1872,8	77,2
	с вертикальной сомкнутостью, относительной полнотой 1,0 – 0,6	233,5	9,6
	Итого	2106,3	86,8
полуоткрытый	с равномерным размещением деревьев с относительной полнотой 0,5 – 0,3	214,3	8,8
	с групповым размещением деревьев, относительной полнотой 0,5 – 0,3	105,2	4,4
	Итого	319,5	13,2
открытый	рединные древостои	-	-
	поляны с единичными деревьями, относительной полнотой 0,1 – 0,2	-	-
	площади без древесной растительности	0,4	-
	Общий итог	2426,2	100

### 5.2.2. Классы эстетической оценки

Распределение площади насаждений городских лесов по классам эстетической ценности приведено в табл.5.5.

Таблица 5.5 – Распределение площади по классам эстетической оценки

Класс эстетической ценности	Площадь, %	
	га	%
1	995	41,0
2	766,8	31,6
3	664,4	27,4
Итого:	2426,2	100

Ландшафтные участки городских лесов относятся ко всем трем классам эстетической ценности.

Преобладают насаждения с классом эстетической оценки 1. Их площадь составляет 995,0 га или 41%. Участков 2-го и 3-го классов эстетической оценки примерно одинаково по площади 31,6 и 27,4%. Средний класс эстетической оценки насаждений городских лесов составляет 1,86.

В дальнейшем необходимо увеличить объемы лесохозяйственных мероприятий, которые повышают декоративность и эстетические качества городских лесов.

### 5.2.3. Рекреационная оценка

Важным показателем насаждений городских лесов является оценка их рекреационных качеств (табл.5.6).

Площадь насаждений с высокой рекреационной оценкой составляет всего 589,1 га или 24,3%.

Таблица 5.6 – Распределение площади по рекреационной оценке

Рекреационная оценка	Площадь	
	га	%
Высокая	589,1	24,3
Средняя	1285,0	53,0
Слабая	552,1	22,7
Итого:	2426,2	100

Преобладают выдела со средней рекреационной оценкой, в них необходимы незначительные лесохозяйственные мероприятия для повышения благоустройства, их площадь равняется 1285 га или 53,0%. Велика площадь участков слабой рекреационной оценки, требующих больших капиталовложений, они составляют 552,1 га или 22,7%.

Средний класс рекреационной оценки городских лесов составляет 1,99.

#### 5.2.4. Классы устойчивости

С точки зрения рекреационного воздействия на насаждения, необходимо оценить их устойчивость. Распределение насаждений по классам устойчивости представлено в табл.5.7.

Таблица 5.7 – Распределение площади насаждений по классам устойчивости

Классы устойчивости	Площадь,	
	га	%
1	1388,6	57,2
2	854,2	35,2
3	180,6	7,5
4	2,8	0,1
Итого	2426,2	100,0

Видим, что в городских лесах преобладают насаждения первого класса устойчивости, их площадь составляет 1388,6 га или 57,2% и второго класса – 854,2 га или 35,2%. Представленность четвертого класса устойчивости по площади незначительно.

Средний класс устойчивости насаждений городских лесов составляет 1,50.

#### 5.2.5. Стадии рекреационной дигрессии

В табл.5.8 представлено распределение площади насаждений городских лесов по стадиям рекреационной дигрессии.

Таблица 5.8 – Распределение площади насаждений по стадиям  
рекреационной дигрессии

Стадия рекреационной дигрессии	Площадь,	
	га	%
1	1119	46,1
2	1189,7	49,0
3	115,5	4,8
4	2,0	0,1
5	-	-
Общий итог	2426,2	100,0

Табличные данные свидетельствуют, что в городских лесах преобладают насаждения первой и второй стадий рекреационной дигрессии 1119 га (46,1%) и 1189,7 га (49,0%), соответственно. Участков третьей стадии дигрессии составляет 115,5 га или 4,8%.

### Выводы по главе

В городских лесах областного и муниципального подчинений доминируют насаждения закрытых типов ландшафта. Их доля в общей площади указанных объектов достаточно высока, колеблется от 76% в лесопарках, до 86,8% в городских лесах муниципального подчинения. Удельный вес полуоткрытых типов ландшафта в общей сложности недостаточен: в лесопарках он составляет 10,2%, в городских лесах – 13,2%. Насаждения открытых типов ландшафтов в исследуемых объектах присутствуют только на территории лесопарков – 13,9%. Фактическое соотношение типов ландшафта не соответствует рекомендуемому.

Исследуемые рекреационные леса относятся ко всем трем классам эстетической ценности. В распределении площадей насаждений по классам эстетической ценности имеются различия. Для лесопарков оно имеет следующий вид 1-й класс – 39,5%, 2-й – 49,4%, 3-й – 11,1%, для городских лесов 1-й класс – 41,0%, 2-й – 31,6%, 3-й – 27,4%. В лесопарках наблюдается преобладание насаждений второго класса эстетической оценки, для городских лесов – первого. В городских лесах отмечается высокая доля ландшафтных участков декоративно-эстетические каче-

ства, которых невозможно улучшить традиционными лесоводственными методами (третий класс эстетической оценки) – 27,4%, в лесопарках их доля почти в два раза меньше – 11,1%. Средний класс эстетической оценки показывает, что насаждения городских лесов областного подчинения обладают большей красочностью и эстетичностью. Данный показатель для этих насаждений равен 1,72, а городских лесах муниципального подчинения он ниже – 1,86.

На территории исследуемых объектов по площади доминируют насаждения средней рекреационной оценки. Удельный вес данной группы от лесопокрытой площади лесопарков составляет 67,1%, городских лесов муниципального подчинения – 53%. Рекреационные качества ландшафтных участков характеризует средний балл рекреационной оценки. Его величина составляет для лесопарков 1,96, для городских лесов – 1,99.

Распределение насаждений по классам устойчивости на исследуемых объектах имеет схожие тенденции. Доминируют насаждения первого класса устойчивости, в лесопарках они составляют 54,4% от площади, в городских лесах – 57,2%. Насаждения третьего и четвертого классов устойчивости представлены не значительно, в лесопарках их доля равна 4%, в городских лесах муниципального образования – 7,6%. Средний класс устойчивости исследуемых насаждений рекреационного пояса равен 1,50%

В исследуемых лесах преобладают насаждения первой и второй стадий рекреационной дигрессии. Их суммарная доля в лесопарках составляет 96,3% от лесопокрытой площади, в городских лесах муниципального подчинения – 95,1%. Представленность четвертой и пятой стадий очень мала, 0,3% и 0,1%, соответственно.

Ретроспективный анализ ландшафтных показателей насаждений лесопарков города (с 1986 по 2014 гг.) позволяет отметить, что за анализируемый период произошло ухудшение всех ландшафтных показателей.

Рост населения города и интенсивности рекреационных нагрузок, ослабление лесоохранной деятельности – основные причины снижения рекреационного потенциала городских лесов.

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

Для последнего времени характерно резкое увеличение самовольных рубок в лесах, в том числе входящих в защитный пояс крупных населенных пунктов. Как отмечалось выше, основной причиной этого является неэффективное правоприменение в сфере лесных отношений. Последствия незаконных рубок в городских лесах с учетом важности выполняемых ими функций, намного серьезнее, чем в эксплуатационных. Они снижают рекреационные и эстетические свойства насаждений, ухудшают санитарное состояние последних, а также становятся серьезной угрозой возникновения и распространения крупных лесных пожаров.

Нормативными документами (Правила пожарной безопасности ..., 2007; Правила санитарной безопасности ..., 2017) предусмотрена обязательная очистка мест рубок, которая представляет собой заключительную операцию по удалению порубочных остатков с лесосеки или приведению их в состояние, обеспечивающее условия для возобновления и роста древесных видов, предупреждения пожаров и развития болезней. Выбор способа очистки лесосек определяется целевым назначением и категорией защитности лесов, типом лесорастительных условий и способом лесовосстановления. В частности, при планировании искусственного лесовосстановления на вырубке должны быть созданы все условия для проведения всего комплекса лесовосстановительных работ, а также ухода за молодняками.

Для планирования работ по ликвидации последствий самовольных рубок необходимы нормативы для определения объемов порубочных остатков, которые остаются на месте рубки. 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 самовольных рубок и тра-

диционных рубок спелых и перестойных насаждений существенно отличаются по структуре. Нормативов для оценки объемов порубочных остатков, образующихся после незаконных рубок, в настоящее время нет.

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

Основная идея и методическая основа работы заключались в применении разработанных ранее моделей фракций фитомассы деревьев при составлении нормативно-справочных материалов для определения объемов порубочных остатков от незаконных рубок. За довольно большую историю изучения фитомассы деревьев и насаждений в разных районах нашей страны составлены уравнения и табличные материалы для таксации тех или иных фракций фитомассы. Использование этих материалов для составления указанных выше нормативов, безусловно, упрощает и удешевляет процедуру.

Кафедра лесной таксации и лесоустройства проводила целенаправленные экспериментальные и теоретические исследования надземной фитомассы деревьев и древостоев и разрабатывала различные нормативы (в виде регрессионных уравнений и таблиц) для ее оценки с начала 80-х годов 20 века (Нагимов, 1984, 1988; Усольцев и др., 1993, 1994, 1995; Нагимов и др., 1998). Обобщающим итогом этих исследований можно считать работу З.Я. Нагимова (2000), выполненную в ходе подготовки докторской диссертации. В частности, им на материале 107 пробных площадей с 1017 модельными деревьями разработаны различные модели фитомассы, отличающиеся набором определяющих факторов, которые сегодня успешно используются в научной и практической деятельности (Сальникова, 2005; Трофимова и др., 2012, 2013; Трофимова, 2015).

Лесотаксационные нормативы, применяемые на производстве, должны обеспечивать нормативную точность и быть предельно простыми в построении и использовании. Такими нормативами при определении запаса древостоя в нашей стране являются таблицы объемов деревьев, которые составляются по разрядам высот.

В этой связи в нашей стране появилось отдельное направление по составлению оценочных нормативов фитомассы деревьев – совмещение (стыковка) отдельных фракций надземной фитомассы деревьев (хвои, ветвей, стволов) с рядными таблицами объемов деревьев (Токмурзин, Байзаков, 1969; Яновский, 1975; Алексеев, Уткин, 1982; Усольцев, 1985, 1988; Усольцев и др., 1993; Соколов и др., 1994; Нагимов, Сальникова, 1998 и др.).

Таблицы объемов составляются на большом экспериментальном материале, который позволяет выявить закономерности в соотношениях диаметров и высот деревьев. Они могут быть использованы при составлении таблиц фитомассы, в том числе методом стыковки данных по фитомассе с данными таблиц объемов.

В 2000 году З.Я. Нагимовым были предложены уравнения, позволяющие совмещать данные по фракциям фитомассы деревьев (хвои, крон, стволов) с применяемыми на производстве таблицами объемов стволов. В этих уравнениях в качестве одного из аргументов был взят объем стволов ( $V$ ). Он является лучшим показателем при определении всех фракций фитомассы.

Игнорирование этого показателя исследователями при составлении разного рода нормативов связано только с тем, что он относится к нетехнологичным показателям, так как определяется расчетным путем.

В уравнениях, предназначенных для стыковки, эта особенность не может являться ограничивающим фактором.

Известно, что между объемом и массой ствола существует очень тесная, почти функциональная связь. Поэтому определение массы ствола на основе его объема обеспечивает прекрасные результаты.

При оценке массы крон и их структурных частей (ветвей, хвои) уравнения с объемом ствола в качестве независимой переменной не очень корректны с общеприродных и экологических позиций. Это связано с тем, что деревья одинакового диаметра, характеризующиеся одинаковым объемом, в древостоях различного возраста и полноты (густоты), как правило, имеют разное ранговое положение и резко отличаются по развитию и размерам кроны, а следовательно, и по массе.

На основе специальных исследований З.Я. Нагимовым установлено, что в целях унификации данных надземной фитомассы с таблицами объемов стволов в соответствии с эколого-ценотическими закономерностями формирования массы различных фракций ( $P_i$ ), необходимо при аналитических расчетах в качестве независимых переменных в уравнениях использовать объем ( $V$ ), возраст ( $A$ ) и показатель  $D:H$  деревьев. Однако, в уравнениях по оценке массы стволов в качестве определяющего фактора достаточно использовать только первый показатель – их объем. Остальные два фактора (возраст и  $D:H$  деревьев), на фоне объема практически не улучшают показатели уравнения: коэффициент детерминации ( $R^2$ ) и достоверность коэффициентов по критерию Стьюдента ( $t$ ). Поэтому для оценки массы стволов ( $P_c$ ) сосны и стыковки ее с таблицами объемов З.Я. Нагимовым предложено следующее уравнение:

$$P_c = 10,79897 + 691,7242V \quad R^2 = 0,987. \quad (6.1)$$

При оценке массы крон все три показателя ( $V$ ,  $D:H$ ,  $A$ ) оказались значимыми на уровне 0,05 и в этой связи была разработана следующая структура трехфакторной модели:

$$\ln P_i = a_0 + a_1 \ln(D:H) + a_2 \ln V + a_3 \ln A. \quad (6.2)$$

В таблице 6.1 представлены статистические показатели уравнений множественной регрессии, полученных по структуре базовой модели (6.2) (Нагимов, 2000).

Как видно из данных табл.6.1, полученные трехфакторные уравнения адекватны экспериментальным материалам и обеспечивают достаточно высокую точность при определении всех фракций фитомассы кроны. Коэффициенты детерминации уравнений равны 0,963 и 0,933, соответственно. Факторы, вошедшие в анализ, объясняют изменчивость фракций фитомассы кроны и хвои 96,3 и 93,3%, соответственно.

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 <sup>2</sup>	№ уравнения
	a <sub>0</sub>	a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>	a <sub>3</sub>		
Крона (хвоя + ветви)	5,7662	$\frac{1,7561}{25,10}$	$\frac{0,7440}{43,00}$	$\frac{-0,3278}{6,93}$	0,963	(6.3)
Хвоя	5,8656	$\frac{1,5499}{18,11}$	$\frac{0,7302}{34,10}$	$\frac{-0,6223}{11,04}$	0,933	(6.4)

Проверка точности разработанных уравнений на 29 объектах показала, что наиболее точно определяется по уравнению (6.1) запас фитомассы стволов (среднеквадратическая ошибка составляет 8,95%). Уравнение по оценке фитомассы крон (6.3) характеризовалось ошибкой 12,54%, а по оценке фитомассы хвои (6.4) – ошибкой равной 14,47% (Нагимов, 2000). Таким образом, точность приведенных уравнений при определении фитомассы стволов, крон и хвои оказалась вполне приемлемой и они могут успешно применяться на производстве.

На основе уравнений 6.1, 6.3 и 6.4 данные по фитомассе стволов и крон были состыкованы с таблицами объемов стволов, которые применяются на производстве. Значения показателя D:H и объемов, взятых из таблиц объемов соответствующих разрядов высот, подставлялись в уравнения. Причем по фитомассе крон таблицы разрабатывались для применения в спелых древостоях (возраст принимался равным 110 годам).

Устранение последствий незаконных рубок в городских лесах во многих случаях связано не только с определением количества порубочных остатков, но и их транспортировкой в места утилизации. Поэтому нормативы, содержащие данные по фракциям фитомассы, требуют специальной модификации.

Обследование вырубок в городских лесах показало, что на них в полном объеме оставляется крона и вершинная часть ствола деревьев (рис.6.1). В большинстве случаев на момент очистки мест рубок хвоя с ветвей может опадать, то есть к порубочным остаткам будет относиться оголенные ветви (скелет кроны).



а



б

Рисунок 6.1 – Вид лесного участка с незаконной рубкой:

а – общий вид, полученный с квадрокоптера, б – состав порубочных остатков (фото автора)

Составление нормативно-справочных материалов по оценке объемов, оставленных в лесу порубочных остатков, производилось в несколько этапов.

На первом с использованием уравнений (6.4) и (6.5) на основе показателей  $D:H$  и  $V$ , взятых из объемных таблиц по ступеням толщины, и возраста определялась фитомасса крон в целом и хвои в том числе. Масса ветвей устанавливалась как разность между массой крон и массой хвои.

Для повышения информативности и востребованности разрабатываемых нормативов в них следует наряду с весовыми показателями представлять и объемные. Последние нужны для планирования транспортных расходов при вывозке порубочных остатков.

Перевод веса ветвей и хвои в объем в разрезе ступеней толщины осуществлялся на основе плотности хвои, древесины и коры ветвей сосны. Эта задача решалась с использованием имеющихся в специальной литературе материалов (Усольцев, Нагимов, 1988; Общесоюзные нормативы ..., 1992). Делением массы на плотность были получены объемы указанных фракций фитомассы в плотных  $m^3$ .

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 хмыза, т.к. ветви без хвои относятся к этому виду порубочных остатков (Общесоюзные нормативы ..., 1992; Ушаков, 1994). В случае с хвоей складочный объем определялся как произведение массы на насыпную плотность. Насыпная плотность хвоинок составляет 199 – 269 кг в  $1 m^3$  (Вторичные материальные ресурсы ..., 1983).

По данным З.Я. Нагимова (2000) в древостоях 6 класса возраста (оцениваемые древостои относятся к этому классу) плотность ветвей в свежесрубленном состоянии составляет  $940 \text{ кг}/m^3$ . Этот коэффициент несколько выше, чем нормативный коэффициент ( $863 \text{ кг}/m^3$ ) для стволовой древесины (Общесоюзные нормативы ..., 1992). Это объясняется тем, что влажность ветвей всегда выше, чем ствола. С использованием коэффициента  $940 \text{ кг}/m^3$ , рассчитаны объемы ветвей в плот-

ных м<sup>3</sup> по ступеням толщины. Для перехода от плотных кубометров в складочные используется коэффициенты полндревесности хмыза, т.к. ветви без хвои относятся к этому виду порубочных остатков. Этот коэффициент равен 10 (Общесоюзные нормативы ..., 1992; Ушаков, 1994).

На заключительном этапе были определены объемы вершинной части ствола (вершинного бревна), оставляемой на месте незаконных рубок. Как было отмечено выше (раздел 3.2.3) вершинное бревно – это в подавляющем большинстве случаев отрезки ствола в кроновой части дерева (от основания кроны до вершины дерева). Работа выполнялась по алгоритму, описанному в третьей главе. Разработано уравнение зависимости объема отрезка ствола в кроновой части дерева ( $V_{oc}$ ) от высоты ( $H$ ) и диаметра ствола на высоте груди ( $D_{1,3}$ ) по предложенной нами структуре (3.3). Оно характеризуется следующими статистическими показателями:

$$\ln V_{oc} = -12,8421 - 0,4289 \ln H + 3,4493 \ln D_{1,3}, \quad R^2 = 0,866 \quad (6.5)$$

$$t_0 = -42,01 \quad t_1 = -0,53 \quad t_2 = 18,86$$

Такое уравнение получено впервые и поэтому требует детального анализа. В частности, следует отметить следующие основные моменты. Область использования уравнения ограничивается диапазонами варьирования значений, использованных определяющих факторов (переменных), в массиве модельных деревьев: пределы изменения диаметра составляли от 12 до 48 см, а высоты – от 10 до 27 м. Наиболее выражено изменение объема вершинного отрезка ствола от диаметра дерева. Диаметр и высота деревьев вместе объясняют более 86% изменчивости этого показателя. Причем влияние высоты дерева на объем отрезка статистически не доказывается ( $t_1 = -0,53 < t_{0,05}$ ). Однако уравнение (6.5) с высотой ствола в качестве одного из определяющих факторов представляет значительный интерес для содержательной трактовки закономерностей изменения размеров отрезка ствола в кроновой части дерева. Знак минус при коэффициенте высоты (уменьшение объема отрезка ствола в кроне у деревьев одинакового диаметра с увеличением высоты), на наш взгляд, объясняется следующим. Известно, что высота деревьев одинакового возраста и диаметра увеличивается с уменьшением их площади пи-

тания (Нагимов, 2000). Таким образом, при фиксированных значениях диаметра высота ствола отражает влияние густоты стояния деревьев на фитомассу стволов. При прочих равных условиях одноименные ступени толщины характеризуются большими высотами, но значительно меньшими размерами кроны (длины и диаметра). Поэтому у деревьев одинакового диаметра длина отрезка ствола в кроновой части, а, следовательно, и его объем уменьшаются с увеличением высоты.

В целом приведенные материалы позволяют считать разработанное уравнение корректным и адекватным природным процессам формирования ствола и кроны деревьев. На основе его с использованием значений  $H$  и  $D_{1,3}$  взятых из таблиц объемов по разрядам высот получены соответствующие данные по ступеням толщины для включения их в разрабатываемую оценочную таблицу.

Оценочные таблицы по 3 и 4 разрядам высот, разработанные по изложенному выше алгоритму, представлены ниже (табл.6.2 и 6.3).

Таблица 6.2 – Оценочная таблица для определения порубочных остатков в спелых древостоях сосны 3 разряда высот

Ступени толщины, см	Фитомасса, кг		Объем в складочной мере, м <sup>3</sup>			Объем остатка ствола в плотной мере, м <sup>3</sup>
	ветвей	хвои	кроны	в том числе		
				ветвей	хвои	
16	9,36	4,00	0,1170	0,0996	0,0174	0,0102
20	17,31	7,05	0,2148	0,1841	0,0307	0,0211
24	29,10	11,38	0,3591	0,3096	0,0495	0,0384
28	45,55	17,17	0,5592	0,4846	0,0747	0,0641
32	68,22	24,84	0,8337	0,7257	0,1080	0,1003
36	97,24	34,35	1,1838	1,0345	0,1493	0,1489
40	134,48	46,17	1,6314	1,4306	0,2007	0,2126
44	181,91	60,79	2,1995	1,9352	0,2643	0,2939
48	239,40	78,08	2,8863	2,5468	0,3395	0,3951
52	308,60	98,37	3,7106	3,2829	0,4277	0,5191
56	390,34	121,85	4,6824	4,1526	0,5298	0,6683
60	485,07	148,53	5,8061	5,1603	0,6458	0,8454
64	597,44	179,54	7,1363	6,3557	0,7806	1,0547
68	730,63	215,56	8,7099	7,7726	0,9372	1,3000

Таблица 6.3 – Оценочная таблица для определения порубочных остатков в спелых древостоях сосны 4 разряда высот

Ступени толщины, см	Фитомасса, кг		Объем в складочной мере, м <sup>3</sup>			Объем остатка ствола в плотной мере, м <sup>3</sup>
	ветвей	хвои	кроны	в том числе		
				ветвей	хвои	
16	10,25	4,11	0,1269	0,1090	0,0179	0,0106
20	18,93	7,26	0,2329	0,2013	0,0316	0,0220
24	31,75	11,70	0,3886	0,3378	0,0508	0,0400
28	50,11	17,78	0,6104	0,5331	0,0773	0,0668
32	74,65	25,62	0,9055	0,7941	0,1114	0,1044
36	106,74	35,53	1,2900	1,1355	0,1545	0,1551
40	148,24	47,96	1,7855	1,5770	0,2085	0,2216
44	198,80	62,71	2,3875	2,1149	0,2727	0,3058
48	262,63	80,83	3,1454	2,7940	0,3514	0,4115
52	336,86	101,38	4,0244	3,5836	0,4408	0,5405
56	427,75	126,11	5,0988	4,5505	0,5483	0,6957
60	534,71	154,54	6,3603	5,6884	0,6719	0,8812
64	658,20	186,76	7,8141	7,0021	0,8120	1,0992
68	799,41	222,96	9,4737	8,5043	0,9694	1,3526

При планировании транспортных работ объем вершинного бревна из плотных единиц переведен в складочные. Для этого использовали коэффициент плотности древесины. Для сосны обыкновенной при влажности 20% он составляет 0,520 т/м<sup>3</sup> (О контроле за лесоматериалами, 1994).

## 6.2. Апробация нормативов по оценке объемов порубочных остатков

Полученные нормативы прошли апробацию в процессе выполнения научно-исследовательской темы «Научно-экономическое обоснование устранения последствий самовольных рубок в границах муниципального образования «город Екатеринбург» в 2018 г. и в процессе работ по очистке мест рубок в 2018 – 2019 г.

Апробация разработанных нормативов по оценке порубочных остатков, оставаемых в процессе незаконных рубок, проводилась в городских лесах федерального подчинения на территории бывшего Мало-Истокского лесничества. Ме-

сторасположение лесных участков с незаконной рубкой деревьев и их площадь представлены в табл.6.4. Общая площадь вырубок составила 33,9 га.

После обнаружения незаконных вырубок при помощи квадрокоптера была проведена их съемка. Затем в программе Agisoft PhotoScan Professional Edition (версия 1.4) получены ортофотопланы мест незаконных рубок, по которым определены их границы и площади.

Таблица 6.4 – Месторасположение участков незаконных рубок в Мало-Истокском лесничестве

№ участка	Месторасположение		Площадь, га
	квартал	выдел	
1	4	2, 3, 6, 13-15, 17, 19, 21	28,0
2	15	9	1,6
3	15	10, 13	1,7
4	24	34, 50	2,6

На каждой вырубке проводился пересчет пней по ступеням толщины 4 см. После этого осуществлялся перевод диаметров на высоте пня в диаметры стволов на высоте груди по специальным таблицам. В таблицах в разрезе древесных пород даны диаметры стволов на высоте 1,3 м, соответствующие их диаметрам на высоте пня (Общесоюзные нормативы ..., 1992). Данная процедура необходима для определения таксационной характеристики древостоя, существовавшего до рубки и впоследствии пройденного рубкой (выборочной или иной). Число пней каждой ступени толщины равняется количеству стволов определенной толщины, удаленных при рубке бывшего древостоя. Таким образом, получена традиционная пересчетная ведомость стволов, которые были незаконно вырублены.

На основе данных пересчетной ведомости стволов на высоте груди и соответствующих данных табл.6.2 определены запасы порубочных остатков на вырубках. Данная работа проведена для каждой ступени толщины в отдельности. Далее умножением данных таблиц 6.2 на количество деревьев в соответствующей ступени толщины вычислялся запас порубочных остатков по ступени толщины. Затем пу-

тем сложения данных, полученных для всех ступеней толщины, получены итоговые результаты.

Запасы хмыза определены в складочной мере, а остатков ствола – в плотной. Запасы хвой не были определены, так как на момент обследования мест рубок она уже опала с ветвей.

Итоговая таблица объемов порубочных остатков в Мало-Истокском участковом лесничестве поквартально представлена в табл.6.5.

Таблица 6.5 – Запасы порубочных остатков на делянках

№	Номер квартала/номер выдела	Число стволов, шт.	Запас хмыза, скл. м <sup>3</sup>	Запас остатков ствола, пл. м <sup>3</sup>
1	4/ 2, 3, 6, 13 – 15, 17, 19, 21	1732	3099	472
2	15/9	212	475	57
3	15/10,13	184	233	35
4	24/34,50	427	503	75
Итого		2555	4310	639

В итоге на местах незаконных рубок было учтено 2555 деревьев сосны, 4310 складочных кубометров хмыза и 639 плотных кубометров вершинного бревна.

Полученные данные послужили основой для составления сметы по обоснованию стоимости выполнения работ по очистке мест незаконных рубок от порубочных остатков. При составлении сметы исходили из того, что все участки незаконных рубок находятся на территории городских лесов, выполняющих рекреационные функции. Кроме того они располагаются в непосредственной близости от садоводческих некоммерческих товариществ. В этой связи оставление собранных порубочных остатков в валах и кучах для перегнивания, а также измельчение и разбрасывание их на территории вырубок будут противоречить требованиям пожарной безопасности в лесу и ухудшать санитарно-гигиенические и эстетические свойства лесных участков.

Для обеспечения оптимальных условий создания лесных культур, а также санитарной и пожарной безопасности на рассматриваемых вырубках был использован комбинированный способ их очистки от порубочных остатков:

-древесные остатки стволов (в основном вершинные бревна) в объеме 639 пл. куб. м. раскряжеваны на дрова и вывезены с территории вырубок; для определения потребности в транспорте предварительно объем древесины в плотных м<sup>3</sup> был переведен в складочные по приведенному выше коэффициенту;

-хмыз в объеме 4310 складочных м<sup>3</sup> собран в валы для дальнейшей утилизации в пожаробезопасный период.

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, достаточно полно соответствовала фактическим объемам выполненных работ.

### **Выводы по главе**

1. Нормативы по определению количества порубочных остатков от незаконных рубок корректно разрабатываются на основе моделей множественной регрессии фитомассы деревьев.

2. Данные лесотаксационные нормативы, характеризуются высокой точностью и достаточно просты в использовании. Преимущества обеспечиваются стыковкой данных по объемам порубочных остатков с таблицами объемов стволов, применяемыми на производстве.

3. Данные нормативы представлены в объемных единицах, причем для кроны – в складочных кубометрах. Это делает их удобными для использования на производстве, например при очистке мест рубок.

4. Лесотаксационные нормативы, разработанные на основе моделей фитомассы деревьев, обеспечивают достаточную точность при таксации объемов порубочных остатков. Ошибки в определении их объемов в местах незаконных рубок не превышают 10%.

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

В последние годы наблюдается активное внедрение технологий и услуг на основе беспилотных летательных аппаратов (БЛА) в различные сферы деятельности, в том числе в лесохозяйственное производство. Однако роль, возможности и перспективы этого технологического направления в специальной литературе трактуются по-разному, в разных отраслях народного хозяйства они, безусловно, разные и в каждом конкретном случае требуют детального изучения. В частности, исследования должны быть направлены на поиск беспилотных комплексов с техническими характеристиками и возможностями, которые позволяют успешно решить те или иные производственные задачи в данной области. Причем, в этом случае лучшим комплексом будет являться тот, который обеспечит получение необходимых результатов при наименьших затратах труда и средств.

Важным этапом таких исследований является оценка возможностей использования БЛА с известными техническими характеристиками для решения конкретных производственных задач. В этой связи нами проведены исследования по определению перспективных направлений использования квадрокоптера Phantom 3 Advanced (DGI) при ведении хозяйства в городских лесах муниципального образования «город Екатеринбург».

### **7.1. Организация лесопожарного мониторинга с использованием беспилотных летательных аппаратов**

Городские леса муниципального образования «город Екатеринбург», как отмечалось выше, представляют собой отдельные, в той или иной степени разобщенные, лесные участки различной площади, расположенные вокруг селитебной части (рис.7.1). Такое размещение лесных участков обуславливает специфические особенности их охраны от пожаров и организации лесопожарного мониторинга.

В настоящее время на территории муниципального образования развернута система дистанционного мониторинга «Лесохранитель», которая представлена 13-

ю сетевыми высококачественными видеокameraми AXIS Q6115E (Сетевые cameraры..., 2013), установленными на вышках сотовой связи и других высотных объектах (рис.7.1). Система решает многие задачи: обнаружение пожара на ранней стадии его возникновения (визуально), автоматическое определение координат пожара и оповещение соответствующих служб, определение ближайших к очагу возгорания сил и средств пожаротушения.

Радиусы обзора камер системы в значительной степени зависят от характера рельефа и высоты вышки. В зависимости от этих факторов нами для каждой из 13 видеокameraр установлена площадь обзора (рис.7.1). Это позволило выявить лесные массивы, которые плохо или вообще не просматриваются cameraрами системы дистанционного мониторинга. Площадь таких массивов составляет около 11000 га (это более 25% от общей площади городских лесов муниципального образования «город Екатеринбург: около 10% от площади городских лесов муниципального подчинения, 20% – городских лесов федерального подчинения и 40% – городских лесов областного подчинения).

Для оперативного обнаружения лесных пожаров на исследуемой территории в «слепых» (не просматриваемых видеокameraрами) зонах могут использоваться разные способы.

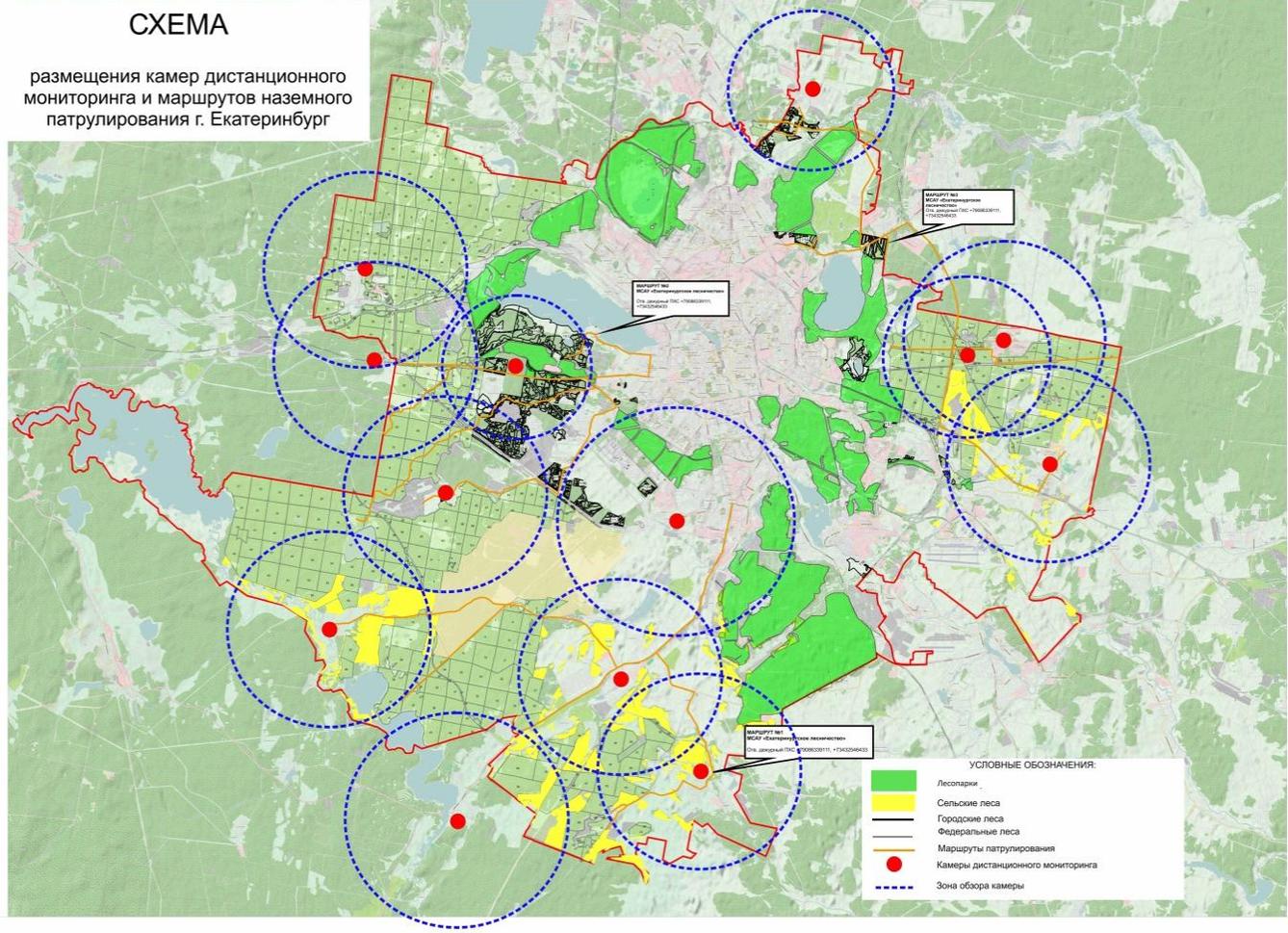


Рис.7.1. Противопожарное обустройство лесов муниципального образования «город Екатеринбург»:

-  – расположение видеокамер системы дистанционного мониторинга лесных пожаров «Лесохранитель»,
-  – маршруты наземного патрулирования силами МСАУ «Екатеринбургское лесничество»

Во-первых, в этих целях проложены маршруты наземного патрулирования (рис.7.1; табл.7.1), которые пролегают по городским лесам муниципального и федерального подчинений. Протяженность маршрутов колеблется от 87 до 115 км, а их общая длина составляет 293 км.

Таблица 7.1 – Характеристика маршрутов наземного патрулирования

№ маршрута	Протяженность, км	Время прохождения маршрута бригадой наземного патрулирования, мин
1 (пос. Горный Щит)	87	174
2 (полуостров Малокопный)	115	230
3 (пос. Ягодный)	91	182
Итого:	293	586

В период повышенной пожарной опасности специализированные бригады по этим маршрутам на машинах (передвигаясь со скоростью около 30 км/час) производят визуальный осмотр территории, фиксируя в первую очередь наличие признаков задымления. В состав такой бригады входят 4 пожарника, в распоряжение которых предоставлен автомобиль УАЗ с необходимыми средствами пожаротушения на борту. При обнаружении пожара пожарники посылают соответствующее сообщение оператору, производят обследование территории. Сразу начинают ликвидировать пожар. Если нужна помощь в тушении, дополнительно сообщают о её необходимости дежурному оператору. Время патрулирования лесов бригадой по одному маршруту составляет от 3-х до 4-х часов. За одну смену она может произвести осмотр территории по трем маршрутам.

Во-вторых, для оперативного обнаружения лесных пожаров могут успешно использоваться беспилотные летательные аппараты. Как отмечалось выше, в лесничестве используется квадрокоптер Phantom 3 Advanced (DGI).

Во время пожароопасного периода создана мобильная бригада, в состав которой входит высококвалифицированный специалист с квадрокоптером Phantom 3 Advanced. Она осуществляет передвижение на автомобиле по маршрутам наземного патрулирования. Специалист на маршруте выбирает стоянку, удобную для запуска устройства. На стоянке проводится подготовка квадрокоптера к полету.

Далее специалист поднимает устройство на высоту 40 – 50 м. Поворачивая камеру при помощи пульта управления на 360°, проводит осмотр территории. На экране смартфона специалист получает реальную пожарную ситуацию в лесном массиве в границах, охватываемых камерой. Дальность обзора камеры квадрокоптера равна 4 км. Время подготовки и запуска технического средства составляет около 4-5 минут. Количество остановок для запуска устройства по маршруту зависит от характера рельефа местности.

При обнаружении пожара специалист определяет его местоположение, производит обследование в натуре, сообщает на пульт ПХС сведения о пожаре, о необходимых ресурсах и мерах по его ликвидации. В среднем на один запуск квадрокоптера используется около 4-5 минут от общего времени работы аккумулятора. Общее время работы аккумулятора составляет 23 мин. Таким образом, одной зарядки аккумулятора квадрокоптера хватает на 4 запуска.

В настоящее время в «слепых» зонах системы дистанционного мониторинга разработаны маршруты для дежурства в пожароопасный период. По ним осуществляют противопожарный мониторинг бригады наземного патрулирования. С целью оценки эффективности применения для этой цели БЛА, нами проведены специальные исследования. Предполагалось, что по этим маршрутам продвигается мобильная бригада на автомобиле Нива со скоростью 40-50 км/час. На каждом маршруте с учетом рельефа местности и характеристики насаждений, подобрано несколько удобных для запуска БЛА пунктов, на 1-м маршруте – 5 шт., 2-м – 4, на 3-м – 3 (табл.7.2).

При подборе пунктов ориентировались на возможность как можно более широкого обзора с квадрокоптера прилегающей территории. На каждом пункте специалист выполняет описанную выше работу. Если признаки пожара не обнаруживаются, устройство возвращается назад и приводится в транспортное положение, а бригада продолжает движение по маршруту. При этом для прохождения по всем маршрутам и 12 запусков квадрокоптера одной мобильной бригаде хватает трех аккумуляторов. За одну смену мобильная бригада может произвести патрулирование по всем маршрутам.

Таблица 7.2 – Показатели патрулирования лесных массивов по маршрутам

№ маршрута	Протяженность , км	Количество пунктов запуска квадрокоптера, шт.	Время прохождения маршрута мобильной бригадой (с учетом времени на запуск устройства), мин
1 (пос. Горный Щит)	87	5	156
2 (полуостров Малоконный)	115	4	193
3 (пос. Ягодный)	91	3	152
Итого:	293	12	500

Время прохождения маршрутов бригадами наземного патрулирования и мобильной примерно одинаковое. Это связано с тем, что более высокая скорость прохождения маршрутов мобильной бригадой по сравнению с бригадой наземного патрулирования нивелируется временем на запуск квадрокоптера.

В заключение нами произведена оценка экономической эффективности применения различных способов обнаружения лесных пожаров: системой дистанционного наблюдения «Лесохранитель», бригадой наземного патрулирования» и мобильной бригадой с квадрокоптером. В таблицах 7.3 – 7.5 приведены калькуляции затрат на 1 смену работы по обнаружению лесных пожаров всеми 3 способами на территории городских лесов на примере пожароопасного периода 2017 года.

Таблица 7.3 – Калькуляция затрат на 1 смену работы системы "Лесохранитель"

№ п/п	Наименование	Обоснование	Ед. изм.	Кол-во	Норма времени	Часовая тарифная ставка, руб.	Сумма, руб.	Примечание
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Заработная плата							
	Работа оператора	штатное расписание	смена	1	8	90,3	722,5	90,3 (часовая тарифная ставка специалиста)*2(чел)*2 (2 оплата в выходные дни ст.153 ТК РФ)
	Итого:						722,5	
	Премия ( 40%)	Коллективный договор					289,01	
	Районный коэффициент (15%)	Постановление от 28.02.1974 №46/7					151,73	
	Общий фонд зарплаты						1163,26	
2	Начисление страховых взносов ( 30,2%)	Федеральный закон от 03.07.2016 № 243-ФЗ					351	
3	Амортизация оборудования системы «Лесохранитель»	Инвентарная карточка					838,57	17233,56 руб.(амортизация за мес.)/164,41(среднее количество рабочих часов в мес.)*8 часов
4	Обслуживание системы "Лесохранитель"						3760,88	927490 руб. (годовое обслуживание)/12 мес./164,41ч.*8ч.
5	Накладные расходы 20%						1222,80	
6	Итого затрат на 1 смену						7336,81	

Таблица 7.4 – Калькуляция затрат на 1 смену бригады наземного патрулирования

№ п/п	Наименование	Обоснование	Ед. изм.	Кол-во	Норма времени	Часовая тарифная ставка, руб.	Сумма, руб.	Примечание
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Заработная плата							
	Патрулирование: бригада по маршруту №1,2	штат ПХС	смена	1	8	1136,3	9090,6	71,02 ( средняя часовая тарифная ставка согласно штатного расписания)*8(чел)*2 (2 оплата в выходные дни ст.153 ТК РФ)
	Итого:						9090,6	
	Премия ( 40%)	Коллективный договор					3636,22	
	Районный коэффициент (15%)	Постановление от 28.02.1974 №46/7					1909,02	
	Общий фонд зарплаты						14635,80	
2	Начисление страховых взносов ( 30,2%)	Федеральный закон от 03.07.2016 № 243-ФЗ					4420	
3	ГСМ (342*0,168*35,9)						2062,7	342км-расстояние маршрута, 0,168 л/км- норма расхода бензина, 35,9 руб. -стоимость 1л бензина
4	Амортизация (автомобиль УАЗ)	Инвентарная карточка автомобиля					1549,62	15923,28(амортизация за мес.)/164,41 (среднее количество часов в мес.)*2(кол-во автомобилей)*8 часов
5	Накладные расходы 20%						4533,62	
6	Итого затрат на 1 смену						27201,72	

Таблица 7.5 – Калькуляция затрат на 1 смену работы специалиста с квадрокоптером

№ п./п.	Наименование	Обоснование	Ед. изм.	Кол-во	Норма времени	Часовая тарифная ставка, руб.	Сумма, руб.	Примечание
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Заработная плата							
	Выезд специалиста с квадрокоптером	штатное расписание	Смена	1	8	112,8	902,6	112,8(часовая тарифная ставка специалиста)*1(чел)*2 (2 оплата в выходные дни ст.153 ТК РФ)
	Итого:						902,6	
	Премия (40%)	Коллективный договор					361,05	
	Районный коэффициент (15%)	Постановление от 28.02.1974 №46/7					189,55	
	Общий фонд зарплаты						1453,22	
2	Начисление страховых взносов (30,2%)	Федеральный закон от 03.07.2016 № 243-ФЗ					439	
3	ГСМ (100*0,123*35,9)						441,6	100км-расстояние маршрута, 0,123л/км- норма расхода бензина автомобиля "Нива Шевроле", 35,9 руб. - стоимость 1л бензина
4	Амортизация (автомобиль Нива Шевроле)	Инвентарная карточка автомобиля					391,01	8035,73 руб.(амортизация за мес.)/164,41(среднее количество рабочих часов в мес.)*8 часов
5	Амортизация квадрокоптера	Инвентарная карточка					57,54	1186,42руб.(амортизация за мес.)/164,41(среднее количество рабочих часов в мес.)*8 часов
6	Накладные расходы 20%						556,44	
7	Итого затрат на 1 смену						3338,65	

Сводные данные затрат по всем способам обнаружения лесных пожаров представлены в табл.7.6

Таблица 7.6 – Затраты по обнаружению лесных пожаров различными способами

№ п/п.	Статья затрат, руб.	Затраты по способам обнаружения пожаров, руб.		
		мобильная бригада	бригада наземного патрулирования	система «Лесохранитель»
1	Общий фонд зарплаты	1453,22	14635,80	1163,26
	Количество специалистов в бригаде, шт.	1	2 бригады по 4 человека в каждой	2
2	Начисление страховых взносов (30,2%)	438,87	4420,01	351,30
3	Затраты на ГСМ	441,57	2062,67	-
4	Величина амортизации	448,54	1549,62	838,57
5	Накладные расходы 20%	556,44	4533,62	1222,80
6	Обслуживание	-	-	3760,88
	Итого затрат на 1 смену	3338,65	27201,72	7336,81

Анализируя приведенные выше материалы необходимо отметить следующее. Система «Лесохранитель» используется постоянно весь пожароопасный период и достаточно эффективно осуществляет мониторинг на 75% площади городских лесов, находящихся под охраной МСАУ «Екатеринбургское лесничество». По результатам экономических расчетов стоимость одной смены системы дистанционного наблюдения «Лесохранитель» составляет 7337,81 руб. (табл.7.3).

Мониторинг зон, которые не просматриваются с видеокамер, может осуществляться мобильной бригадой наблюдения, вооруженной квадрокоптером типа Phantom с дополнительными аккумуляторами или бригадой наземного патрулирования.

Стоимость одной смены работы по обнаружению лесных пожаров специалиста с квадрокоптером стоит 3338,65 руб. (табл.7.5), а бригады наземного патрулирования – 27201,72 руб. (табл.7.4).

Таким образом, совместное использование для обнаружения лесных пожаров системы дистанционного мониторинга «Лесохранитель» и мобильной бригады с квадрокоптером обеспечивает ранее обнаружение очагов возгорания при мини-

мальных экономических затратах. Поэтому оптимальной организацией мониторинга за лесными пожарами на территории муниципального образования «город Екатеринбург» следует считать комбинированное использование системы дистанционного мониторинга «Лесохранитель», мобильной бригады с квадрокоптером и бригад наземного патрулирования, расположенных в разных частях исследуемой территории в непосредственной близости к наиболее пожароопасным участкам. В случае обнаружения пожара ближайшая бригада должна оперативно выдвигаться к очагу возгорания.

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

Одним из направлений использования БЛА в лесном хозяйстве является мониторинг лесопользования. Известно, что радиус эффективного действия БЛА, особенно малых классов, ограничен. Поэтому указанное направление особенно перспективно при ведении хозяйства на ограниченных площадях, в частности в городских лесах. В этих условиях адресный характер применения БЛА позволит решить классические задачи мониторинга на более качественном уровне.

Изображение на снимках, полученное с помощью цифровой камеры квадрокоптера, всегда искажено, поскольку оно представляет собой центральную проекцию, а не плановую. Причем наименьшие искажения наблюдаются в центральной части снимка (в пределах рабочей части), а к краевым частям снимка они возрастают (рис.7.2).

Для оценки возможности использования таких снимков в мониторинговых работах нами проведены специальные исследования.



Рис.7.2. Снимки делянки, полученные с квадрокоптера

В работе использован квадрокоптер Phantom 3 Advanced. В программе Drone Deploy было определено местоположение объекта (делянки), установлены границы съемки так, чтобы они находились за пределами делянки. Программа в автоматическом режиме рассчитала маршрут полета устройства. Осуществляя полет по маршруту, квадрокоптер автоматически проводил съемку территории объекта. Причем полученные снимки имели соответствующие продольные перекрытия. В общей сложности на исследуемую территорию было получено 89 снимков с перекрытиями. Съемка производилась с высоты 50 м.

В программе Agisoft PhotoScan Professional Edition (версия 1.4) по фотоснимкам, координатам центров фотографирования и опорным точкам получена высокоточная геопривязанная трехмерная модель местности (Журавель и др., 2017; Осипенко и др., 2017). Общее время выполнения данной процедуры составило около двух часов. На время обработки влияют характеристики ПК и площадь снимаемого объекта. Итогом данной работы явился качественный ортофотоплан местности, имеющий ортогональную проекцию (рис.7.3). Разрешение составило 0,2 м, что намного превосходило разрешение снимков, доступных на бесплатных сервисах.



Рисунок 7.3 – Ортофотоплан, полученный в программе Agisoft PhotoScan Professional Edition

Для ортофотоплана в программе получены два файла в следующих форматах: \*.kml – данные привязки растрового снимка; \*.tif – содержит растровое изображение. После этого ортофотоплан экспортировался в ГИС MapInfo Professional, версия 15.

В целом проведенное исследование показало возможность получения качественных ортофотопланов на основе съемки территорий с помощью цифровой камеры квадрокоптера. Такие ортофотопланы открывают широкие возможности для осуществления качественного, менее затратного мониторинга за проведением различных лесохозяйственных мероприятий.

Для проверки этого положения в городских лесах муниципального образования «город Екатеринбург» были подобраны различные объекты хозяйственной деятельности. Затем была проведена съемка территории этих объектов с помощью цифровой камеры квадрокоптера и получены соответствующие ортофотопланы. Данные с ортофотопланов сравнивались с соответствующими данными натурных изысканий.

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

Известно, что лесосечные работы должны выполняться в строгом соответствии с требованиями технологической карты. Данный документ разрабатывается с использованием материалов отвода и таксации на каждую лесосеку до ее освоения. В технологической карте указываются местоположение и характеристика лесосеки, технологические указания по ее разработке, лесоводственные требования, меры по сохранению биоразнообразия, противопожарные мероприятия, требования по охране труда и технике безопасности.

Проверка соблюдения требований технологической карты является предметом осмотра лесосеки при сдаче выполненных лесосечных работ. В ходе которого на лесосеке осматривают состояние просек, прилегающих к лесосеке полос шириной 50 м, проверяют сохранность лесосечных знаков, столбов и качество очистки лесосеки, подсчитывают объем невывезенной древесины и количество оставленных семенников, семенных куртин и полос и их сохранность, наличие зависших деревьев, оценивают проведение лесовосстановительных работ, сохранность подроста и молодняка и нарушение целостности почвы и др.

При решении многих из этих задач представляется целесообразным использование ортофотоснимков территории, полученных с использованием квадрокоптеров.

На первом этапе производился контроль соответствия параметров вырубки (расположения в квартале, формы и площади) материалам отвода (абрису) делянки

Исследования проводились по материалам двух вырубок 2017 года, расположенные на территории ГКУ СО «Березовского лесничества»:

1. Березовский участок, квартал 28, выдел 3;
2. Березовский участок, квартал 32, выдел 8.

Вырубки образовались после сплошной рубки спелых и перестойных древостоев. На эти вырубки по материалам съемки с помощью цифровой камеры квадрокоптера получены ортофотопланы.

Для контроля площади вырубki ортофотоплан экспортировался в ГИС MapInfo Professional. На основе векторизации границ делянки определялись ее местоположение и площадь. Полученные на ортофотоплане данные сопоставлялись с материалами полевого абриса. Такое сопоставление на примере вырубki 2017 года в выделе 3 квартала 28 Березовского участка Березовского лесничества показано на рис.7.4 (рис.7.4, а и б).

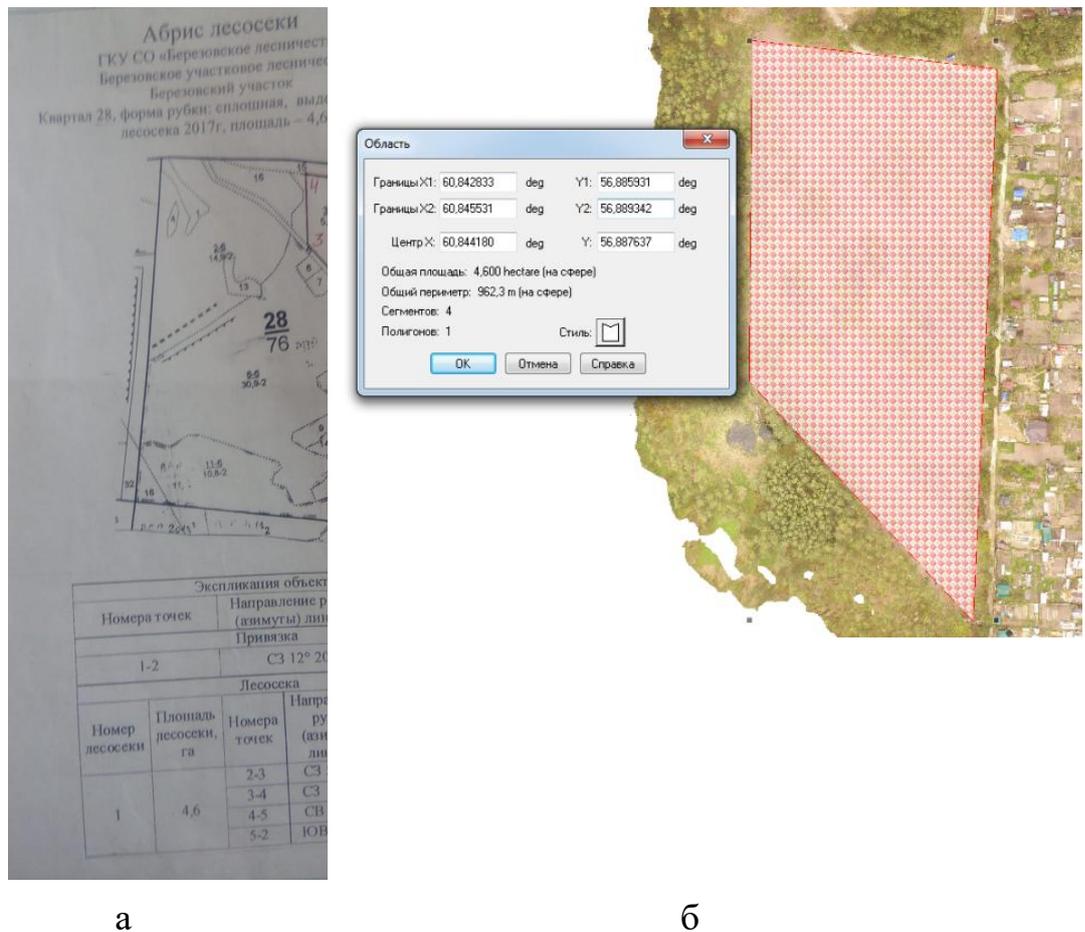


Рисунок 7.4 – Материалы по вырубке 2017 г., расположенной на территории Березовского лесничества (Березовский участок, квартал 28, выдел 3):

а – абрис, б – ортофотоплан.

Площадь вырубki, определенная по ортофотоплану составила 4,6 га. Такая же площадь была зафиксирована по абрису, составленному по данным натурных съемочных работ. Таким образом, можно констатировать о возможности использования снимков, полученных с помощью цифровой камеры квадрокоптера, для

определения и уточнения площади вырубок, образующихся после сплошных рубок.

Для контроля правильности размещения вырубки в границах выдела и соответствия ее формы данным отвода в программу ГИС MapInfo Professional помимо ортофотоснимков исследуемых вырубок был загружен векторный слой квартальной сети Березовского лесничества. Результаты этой работы представлены на рис.7.5 и 7.6.



Рисунок 7.5 – Ортофотоснимок вырубки, расположенной на территории Березовского лесничества (Березовский участок, квартал 32, выдел 8)



Рисунок 7.6 – Ортофотоснимок вырубki, расположенной на территории Березовского лесничества (Березовский участок, квартал 28, выдел 3)

На основе сравнения полученных данных с абрисами участков, составленных при их отводе (рис.7.4, а и 7.7), можно сделать следующее заключение. Участки были отведены в границах лесотаксационных выделов (в выделе 3 квартала 28 и выделе 8 квартала 32) без нарушений в этой части требований Наставления (Наставления по отводу..., 1993). По форме и площади вырубki соответствуют материалам абриса.

Таким образом, снимки, полученные с помощью цифровой камеры квадрокоптера, позволяют контролировать соответствие параметров вырубki материалам отвода участка, полученным при наземных съемочных работах.

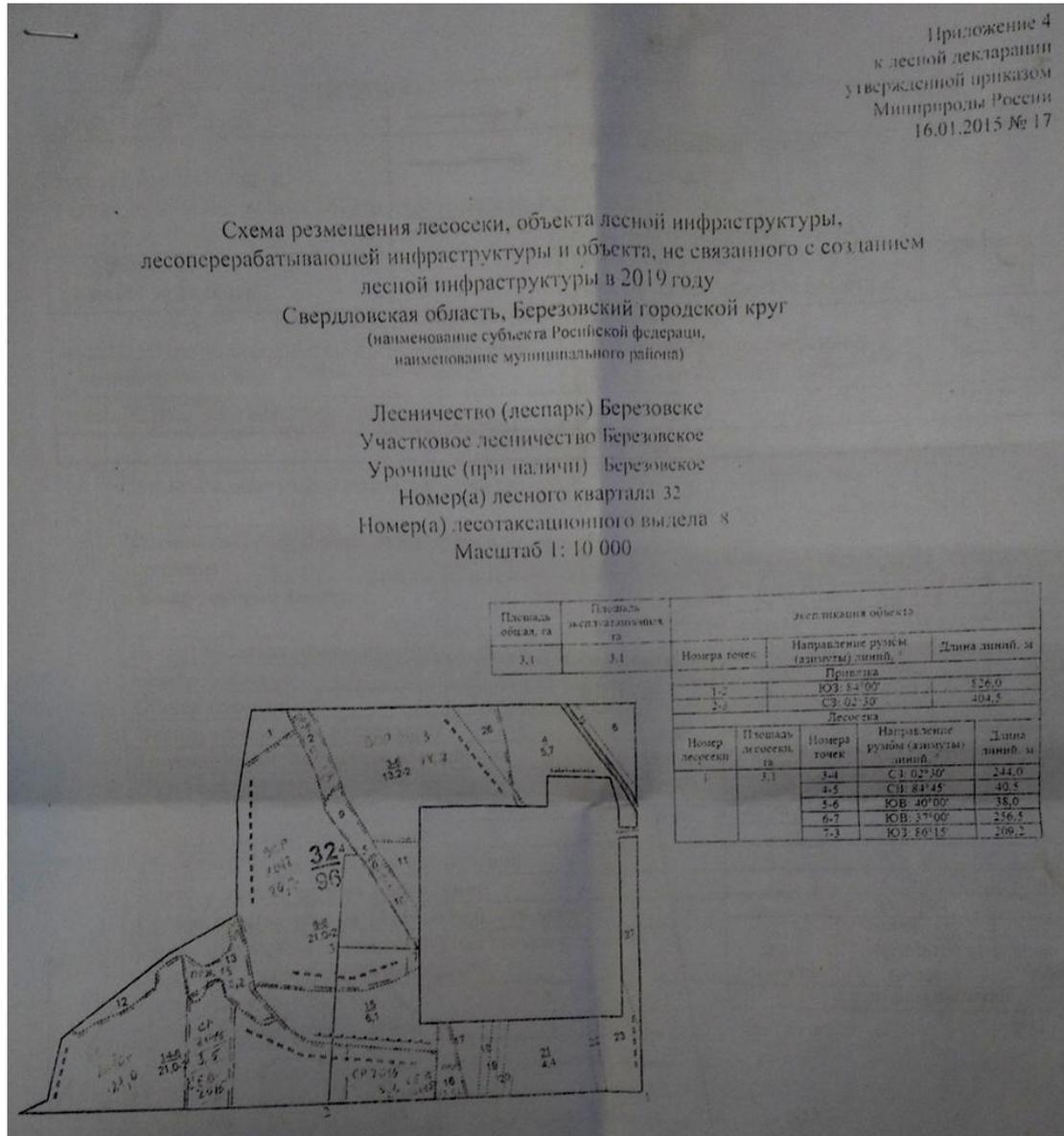


Рисунок 7.7 – Абрис делянки на территории Березовского лесничества (Березовский участок, квартал 32, выдел 8)

На втором этапе оценивалась возможность использования ортофотопланов для контроля качества очистки делянки от порубочных остатков (соответствие метода и качества очистки параметрам технологической карты).

Возможность проверки качества очистки вырубке от порубочных остатков исследовалась на примере вырубке, расположенной на территории Березовского участка Березовского лесничества в квартале 28, выделе 3.

По изложенной выше технологии были подготовлены ортофотоснимки на территорию вырубki. Их анализ показал, что изображение на ортофотоснимках позволяет однозначно определить метод очистки и качество уборки порубочных остатков на вырубке. Располагая данными технологической карты, можно установить нарушения, допущенные лесозаготовителем при выполнении данной операции. В частности, на снимке четко видны места сжигания порубочных остатков. Они разбросаны по всей территории вырубki, хотя в соответствии с технологической картой должны были располагаться на волоках и погрузочных площадках (рис.7.8, а).

Ортофотоснимки позволяют также установить наличие на вырубке невывезенной (оставленной) древесины и определить ее ориентировочный объем. В частности на ортофотоснимке, представленном на рис.7.8, б, четко просматривается невывезенный ствол березы.



а



б

Рисунок 7.8 – Ортофотоснимки вырубki на территории Березовский участка Березовского лесничества в квартале 28, выделе 3 (фрагмент)

В целом, на исследуемой вырубке, работы по очистке территории от порубочных остатков произведены на удовлетворительном уровне. Порубочные остатки были собраны в кучи и сожжены, древесина практически в полном объеме вывезена с территории вырубki. Имеющиеся нарушения технологической карты не носят катастрофического характера.

На третьем этапе выполнены исследования о возможности использования ортофотоснимков при контроле за соблюдением схемы разработки лесосеки (соответствие фактического размещения волоков и погрузочных площадок данным технологических карт).

Обязательным приложением к технологической карте является схема разработки лесосеки. На ней указываются лесные дороги, квартальные просеки, границы лесосеки, неэксплуатационных участков и 50 метровой зоны безопасности, трассы волоков, направления валки и трелевки леса, погрузочные площадки и места складирования заготовленной древесины, производственные и бытовые площадки и др. Соблюдение схемы разработки лесосеки является обязательным условием лесосечных работ. Оно позволяет минимизировать затраты на последующее лесовосстановление на вырубках.

Наличие ортофотоснимков на территорию вырубки, безусловно, может способствовать проведению качественного и менее затратного контроля за соблюдением некоторых параметров схемы разработки лесосеки. Для проверки этого положения ортофотоснимки двух вырубок, расположенных в квартале 32, выделе 8 и в квартале 28, выделе 3 Березовского участка Березовского лесничества сопоставлялись с соответствующими схемами разработки лесосек (рис.7.9 и 7.10).

На приведенных ортофотоснимках четко просматриваются волока, использованные для трелевки древесины при разработке лесосеки. Их фактическое расположение существенно отличается от данных, представленных на схемах разработки лесосек.

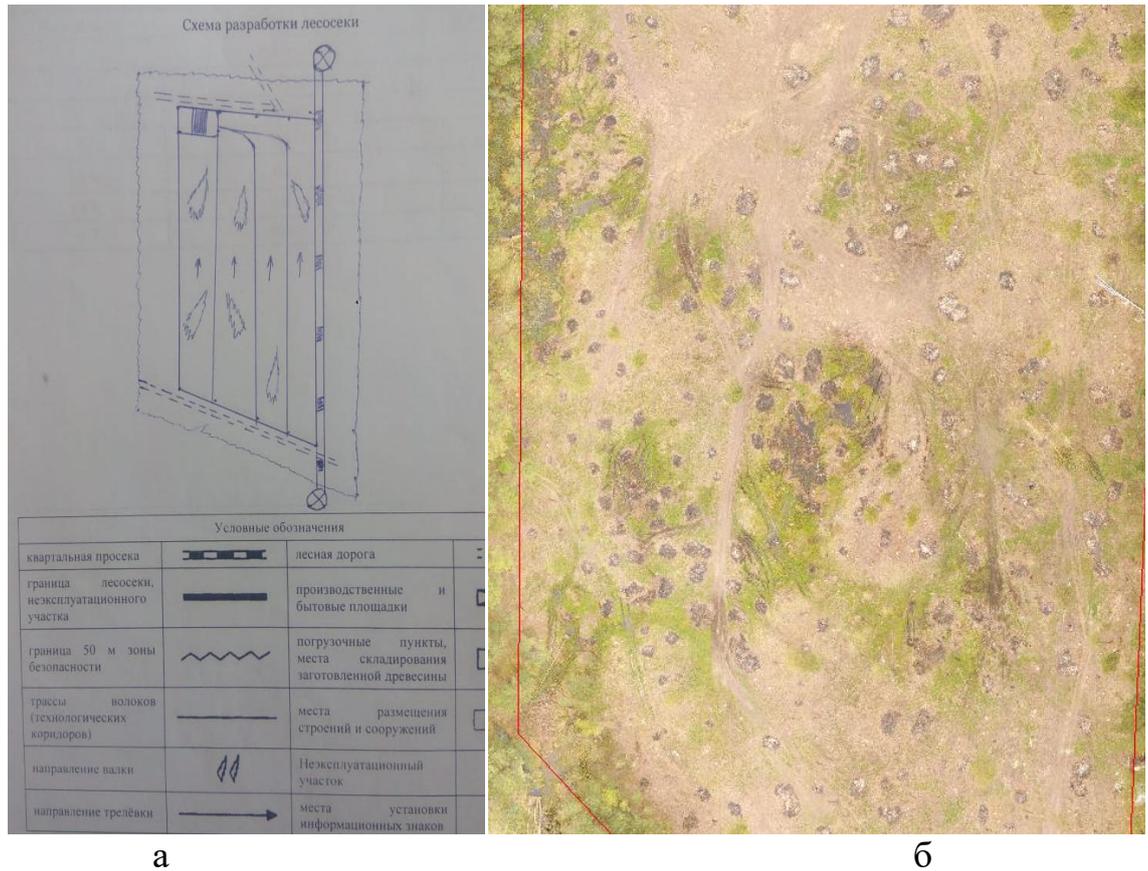


Рисунок 7.9 – Сравнение схемы разработки и ортофотоснимка лесосеки, расположенной в квартале 28, выделе 3 Березовского участка Березовского лесничества: а – схема разработки лесосеки; б – Ортофотоснимок вырубки

В частности, нарушена прямолинейность волоков, имеются многочисленные заезды трелевочного трактора в пасеки.

Таким образом, представленные на рис.7.9 и 7.10 ортофотоснимки свидетельствуют, что делянки разрабатывались с нарушениями схемы разработки лесосек. По ортофотоснимкам вырубков можно контролировать соответствие фактического расположения волоков и погрузочных площадок данным технологических карт.

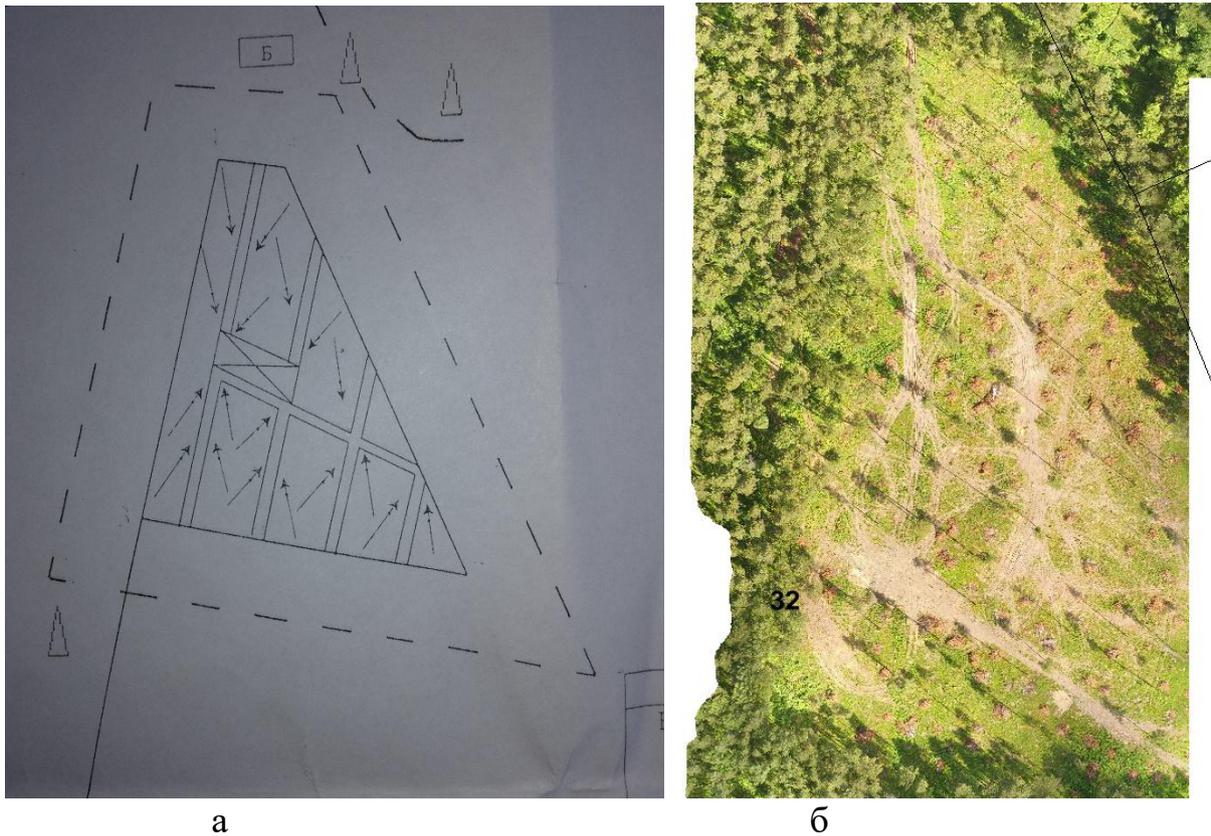


Рисунок 7.10 – Сравнение схемы разработки и ортофотоснимка лесосеки, расположенной в квартале 32, выделе 8 Березовского участка Березовского лесничества: а – схема разработки лесосеки; б – Ортофотоснимок вырубке

## 7.2.2. Инспектирование показателей проекта лесовосстановления

### Определение количества пней на вырубке

Количество пней на вырубке является важнейшим показателем при определении стоимости работ по лесовосстановлению и подготовке проектов данного мероприятия. При возможности определения количества пней на вырубке на основании их ортофотопланов можно резко сократить объем полевых работ.

Для определения количества пней нами использованы ортофотоснимки тех же двух вырубок, на основе которых выполнялись предыдущие исследования. В данном случае на ортофотоснимках вырубок были нанесены пробные площади определенного размера (0,5 и 1,0 га), на которых подсчитывалось количество пней (рис 7.11 и 7.12)



Рисунок 7.11 – Определение количества пней на вырубке, расположенной в квартале 28, выделе 3 Березовского участка Березовского лесничества

Результаты подсчета пней на вырубках представлены в табл.7.7. Как видно из ее данных количество пней на 1 га исследуемых площадей колеблется от 150 до 171 шт. Такая ситуация делает вырубки доступными для лесокультурной техники. Обработка почвы техническими средствами возможна без корчевки пней и предварительной расчистки от захламленности.

В целом разрешение ортофотоснимков позволяет с точностью, достаточной для подготовки проекта лесовосстановления, определить количество пней на участке рубки.

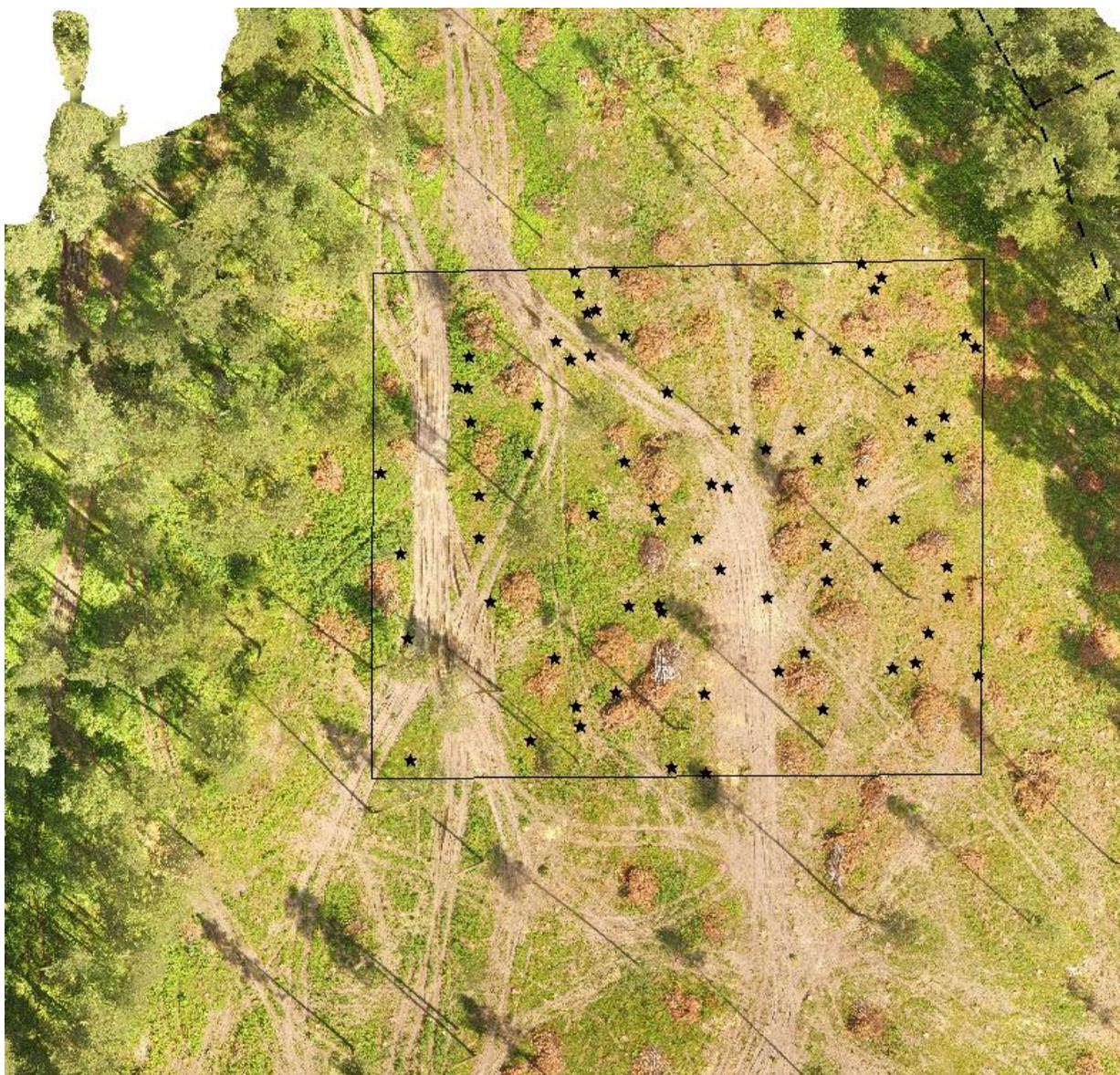


Рисунок 7.12 – Определение количества пней на вырубке, расположенной в квартале 32, выделе 8 Березовского участка Березовского лесничества

Таблица 7.7 – Определение количества пней на вырубках

№	Лесничество	Участок	Квартал	Выдел	Плщадь пробного участка, га.	Количество пней на участке, шт.	Количество пней на 1 га, шт.
1	ГКУ СО «Березовское лесничество»	Березоский участок	28	3	1	171	171
2	ГКУ СО «Березовское лесничество»	Березоский участок	32	8	0,5	75	150

### Проверка качества подготовки почвы под лесовосстановление

При посадке лесных культур важнейшим фактором их приживаемости и успешного роста является качество подготовки почвы. Некоторые показатели (процент обработанной площади, расстояние между бороздами, направление борозд, качество подготовки борозд), обуславливающие качество подготовки территории и почвы для создания лесных культур, на наш взгляд, могут быть оценены по ортофотоснимкам. Возможность такой оценки подтверждают результаты специальных исследований.

Объектом данных исследований послужил лесной участок в квартале 24, выделе 5 Мало-Истокского лесничества. На участке была проведена подготовка почвы с помощью трактора МТЗ-82 в сцепке с плугом ПКЛ-70. Она осуществлялась в соответствии с проектом лесовосстановления: расстояние между бороздами составляло 3 м, шаг посадки – 1,6 м (под посадку лесных культур с закрытой корневой системой в количестве 2000 шт./га).

Для решения поставленной задачи на ортофотоснимке, загруженном в ГИС MapInfo Professional, была зафиксирована пробная площадь размером 60м x 57 м общей площадью 0,33 га (рис.7.13). На ортофотоснимке в пределах пробной площади борозды просматриваются четко. Это позволяет объективно оценить соответствие некоторых параметров подготовки территории и почвы проектным данным. Располагая данными проекта лесовосстановления лесного участка, можно сделать следующее заключение. Направление борозд и расстояние между ними соответствуют проекту, они расположены равномерно, качество борозд хорошее. В пределах пробной площади количество борозд составило 21. В соответствии с проектом расчетное количество борозд на пробной площади должно быть 20 шт. В целом работы по лесовосстановлению в этой части выполнены на достаточно хорошем уровне.



Рисунок 7.13 – Ортофотоснимок участка с подготовленной почвой в квартале 24, выделе 5 Мало-Истокского лесничества

Таким образом, по ортофотоснимкам, полученным по изложенной выше технологии, можно проводить контроль выполнения проекта лесовосстановления участка в части подготовки территории и почвы.

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

Применение квадрокоптера для съемки небольших лесных участков представляется наиболее перспективным и экономически выгодным направлением использования БЛА в лесном хозяйстве.

В соответствии с Приказом Федерального агентства лесного хозяйства от 29 февраля 2012 года № 69 «Об утверждении состава проекта освоения лесов и порядка его разработки», при разработке проекта освоения лесов под вид использования «рекреация», необходимо предоставить в составе документов тематическую лесную карту «Территориальное размещение объектов по окончании ремонта, реконструкции и строительства, не связанных с созданием лесной инфраструктуры». На данной тематической карте должны быть отображены все объекты инфраструктуры участка: дорожно-тропиночная сеть, границы лесного участка и др.

Наши исследования показали, что такая тематическая карта может быть успешно разработана с использованием снимков, полученных с помощью квадрокоптера. При этом съемка участка и получение ортофотоплана осуществляются по изложенной выше методике.

Объектом для данных исследований послужил лесной участок, расположенный на части выделов 5 – 7 квартала 3 Березовского участка Березовского лесничества. Ортофотоснимок участка представлен на рис.7.14.

Данный Ортофотоснимок был загружен в программу ГИС MapInfo Professional. В ней была произведена оцифровка всех необходимых объектов. Следует отметить, что программа позволяет определить местоположение деревьев, находящихся на участке, с привязкой каждого из них в системе координат. Однако такая задача перед нами не стояла.

Дополнительно на изображение наложили границы участка, взятые из системы Управления федеральной службы государственной регистрации кадастра и картографии (рис.7.15).



Рисунок 7.14 – Ортофотоснимок лесного участка на части выделов 5 – 7 квартала  
3 Березовского участка Березовского лесничества

Данные, полученные после оцифровки объектов на аэрофотоснимке, позволяют кроме подготовки тематической лесной карты (рис.7.16), рассчитать общую площадь участка, площади и размеры каждого объекта инфраструктуры, проверить правильность размещения объектов в границах участка, утверждённого договором.

Полученная информация дает возможность проектирования дополнительных объектов, например, беседок в границах свободных от древесно-кустарниковой

растительности. Причем, размещение этих объектов можно планировать, учитывая их воздействие на лесной участок.

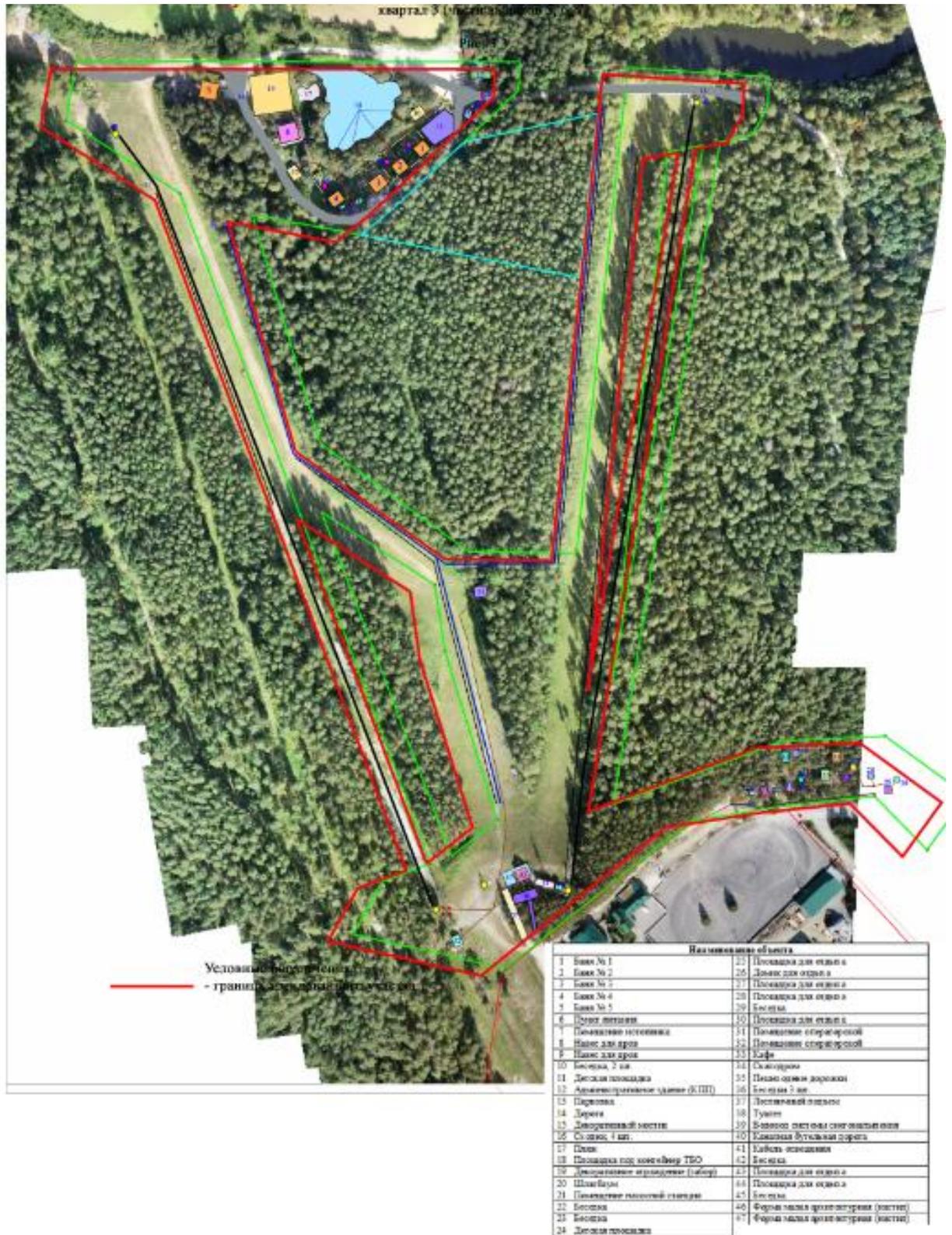


Рисунок 7.15 – Тематическая лесная карта: территориальное размещение объектов по окончании ремонта, реконструкции и строительства

Тематическая лесная карта  
 Территориальное размещение объектов по окончании ремонта, реконструкции и строительства  
 не связанных с созданием лесной инфраструктуры  
 Масштаб 1: 2 000 (в 1 см 20 м)  
 Березовское лесничество Березовское участковое лесничество Березовский участок  
 квартал 3 (части выделов 5, 6, 7)

Рис. 3.3

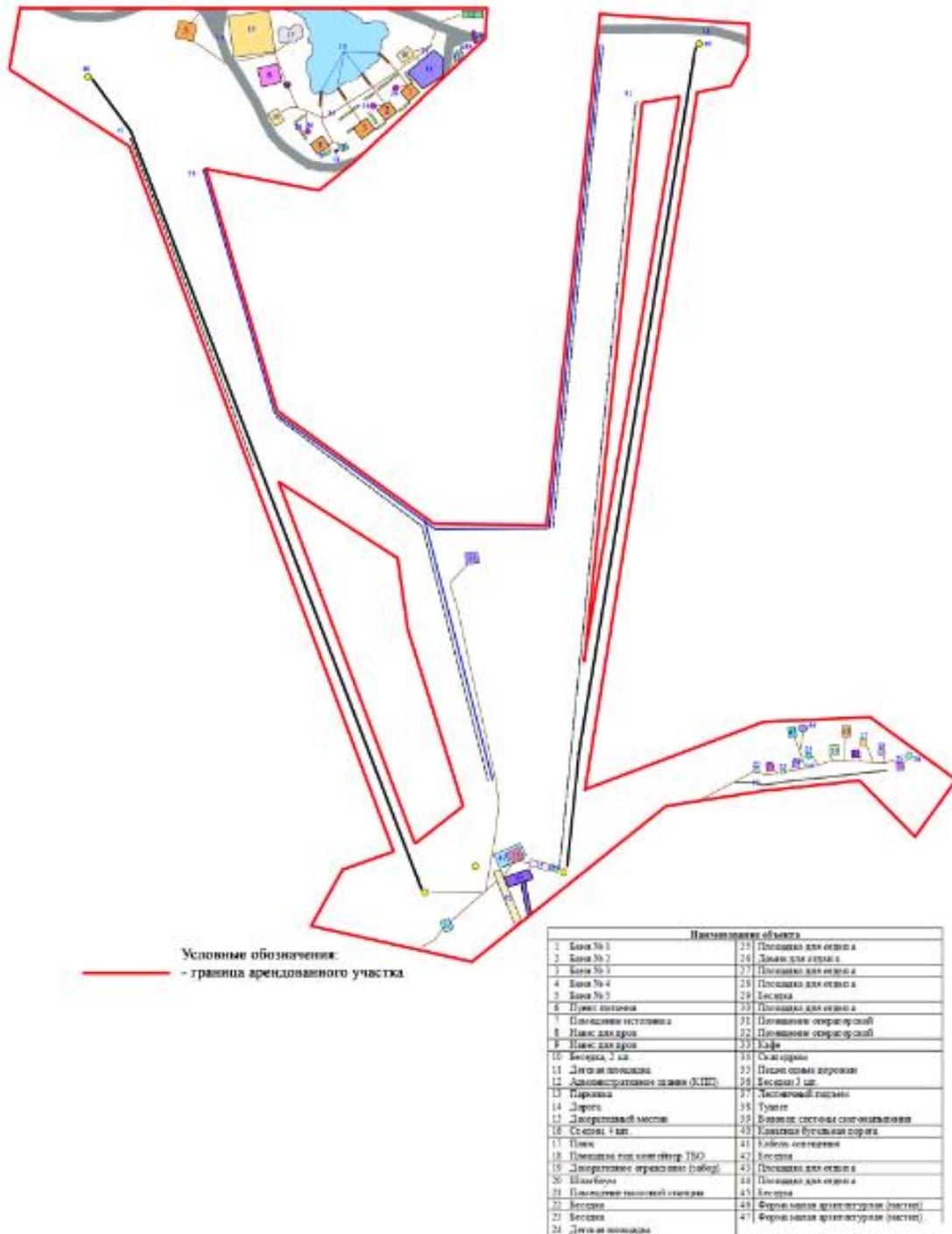


Рисунок 7.16 – Тематическая лесная карта: территориальное размещение объектов по окончании ремонта, реконструкции и строительства

Привязка всех объектов в системе координат позволяет органам, осуществляющим контроль и надзор за участком, более эффективно выполнять свои функ-

ции и оценивать соответствие направлений использования участка, утверждённому проекту освоения лесов.

### **Выводы по главе**

1. На сравнительно ограниченной территории городских лесов применение легких БЛА наземными группами лесной охраны позволяет существенно уменьшить время обнаружения очагов возгорания и затраты на мониторинг лесных пожаров.

2. Ортофотоснимки, полученные при помощи БЛА могут успешно применяться при инспектировании качества выполнения различных лесохозяйственных мероприятий:

- при контроле соответствия параметров вырубki материалов отвода делянок (по площади, форме, правильности размещения вырубki в границах выдела и др.);

- при контроле соблюдения показателей технологической карты и схемы разработки лесосеки (по качеству очистки делянки от порубочных остатков, соответствию фактического расположения волоков и погрузочных площадок данным технологических карт и др.);

- при инспектировании показателей проекта лесовосстановления (для определения количества пней на вырубке, проверки качества подготовки почвы под лесовосстановление).

3. Эффективным направлением использования БЛА является адресная аэрофотосъемка небольших по площади лесных участков при подготовке проектов освоения лесов, в частности, под вид пользования «рекреация». Ортофотоснимки позволяют получить тематическую карту с привязкой всех объектов инфраструктуры рекреационного участка.

В целом использование БЛА при ведении хозяйства в городских лесах позволяет решать многие производственные задачи на более качественном уровне и с меньшими затратами труда и средств.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе проведенных исследований можно сделать следующие обобщения и выводы.

В настоящее время на территории муниципального образования «город Екатеринбург» городские леса находятся в различной публичной собственности:

-в городской (муниципальной) собственности; площадь лесов составляет 2934,8 га, руководство ими осуществляет МСАУ «Екатеринбургское лесничество»;

-в областной собственности; площадь лесов составляет 12094,8 га, руководство ими осуществляет ГКУ СО «Дирекция лесных парков»;

-в федеральной собственности; площадь лесов составляет 29306,4 га; в настоящее время леса переданы городу при расширении его территории, но в муниципальную собственность не переведены;

-не разграниченные земли, на которой в настоящее время произрастает древесно-кустарниковая растительность, они предназначены для создания инфраструктуры, площадь их составляет 682,3 га.

На территории муниципального образования нет единой структуры управления лесами, единого лесничества, общего лесохозяйственного регламента а, следовательно, актуальной, структурированной информации о структуре и состоянии лесов. Это привело к резкому увеличению объемов незаконных рубок. Они не только снижают рекреационные качества насаждений, но и ухудшают их состояние, а также повышают пожарную опасность в лесах.

На исследуемой территории преобладают лесные земли, доля которых в общей площади варьирует от 86,6% в лесопарках до 88,4% в городских лесах федерального подчинения. В составе лесных земель доминируют земли, покрытые лесной растительностью, удельный вес которых в городских лесах муниципального подчинения составляет 95,2%, в лесопарках – 98,1%, а в городских лесах федерального подчинения – 99,1%. На всех объектах преобладают насаждения естественного происхождения. Площади лесных культур незначительны. Их доля в

лесопокрытой площади лесопарков составляет всего 6,4%, а в городских лесах федерального подчинения – 2,9%, в городских лесах муниципального подчинения – 2,2%.

Исследуемые объекты, образующие защитный лесной пояс г. Екатеринбурга, достаточно существенно отличаются по количеству произрастающих на их территории древесно-кустарниковых видов. В лесопарках произрастают насаждения 22 древесно-кустарниковых видов, в городских лесах федерального подчинения – 11, а в городских лесах муниципального подчинения – только 7. На всех трех объектах преобладают хвойные насаждения. Их удельный вес в общей лесопокрытой площади лесопарков составляет 82,0%, городских лесов муниципального подчинения – 65,1% и городских лесов федерального подчинения – 75,1%. Несмотря на значительное количество древесных видов, все они кроме сосны и березы не играют существенной роли в формировании ландшафтов и экологической обстановки на территории муниципального образования. Это объясняется абсолютным доминированием сосновых и березовых насаждений (их суммарная доля в лесопарках составляет 97,6%, в городских лесах муниципального подчинения – 99,1% и в городских лесов федерального подчинения – 98,1%) и чрезвычайно малым участием насаждений остальных видов на изучаемых территориях. В этой связи, в перспективе одной из главных составляющих антропогенного воздействия на исследуемые экосистемы должно стать существенное расширение площадей мало представленных в настоящее время видов. Повышению эстетической и экологической ценности исследуемых объектов, безусловно, будет способствовать формирование живописных ландшафтов путем внедрения таких видов как ель сибирская, лиственница сибирская, сосна кедровая, липа мелколистная и др. В настоящее время площади насаждений из этих видов весьма ограничены. В то же время их состояние и лесоводственно-таксационные характеристики свидетельствуют о том, что указанные виды могут успешно произрастать на территории исследуемых объектов и конкурировать с сосной и березой.

Распределение площадей насаждений по группам возраста во всех трех изучаемых объектах крайне неравномерное. В лесопарках и городских лесах муни-

ципального подчинения по занимаемым площадям резко выделяются спелые насаждения, превосходство которых над насаждениями других групп возраста весьма значительно. В городских лесах федерального подчинения наибольшие площади характерны для средневозрастных и приспевающих насаждений. В настоящее время в возрастной структуре исследуемых насаждений отмечаются две негативные тенденции.

Во-первых, произошло накопление спелых и перестойных насаждений (особенно в лесопарках и городских лесах муниципального подчинения). Так, в лесопарках суммарная доля спелых и перестойных насаждений в хвойном хозяйстве составляет 59,7%, в мягколиственном – 48,9%. В городских лесах эти показатели, соответственно, равны 59,7 % и 62,2%. Большинство спелых и перестойных насаждений характеризуется невысоким санитарным состоянием и не может эффективно выполнять экологические, рекреационные, санитарно-гигиенические и эстетические функции.

Во-вторых, удельный вес молодняков держится на крайне низком уровне. На всех объектах он не превышает 2-4%. Молодняки являются ближайшим резервом для пополнения средневозрастных насаждений, а их представленность в необходимых объемах – условием для оптимизации возрастной структуры лесов.

В целом, проведенный анализ возрастной структуры насаждений свидетельствует о необходимости принятия срочных мер по омоложению насаждений на исследуемых объектах.

В районе исследований встречаются насаждения 6 групп типов леса (от устойчиво сырых до устойчиво сухих) и, соответственно, различных классов бонитета (от 1а до 5б). Однако на территории всех трех объектов по площади доминируют насаждения устойчиво свежей и свежей периодически влажной групп типов леса и высокой производительности (2 класс бонитета и выше). Удельный вес указанных групп типов леса в общей лесопокрытой площади в лесопарках составляет 94,4%, в городских лесах муниципального подчинения – 62,4% и в городских лесах федерального подчинения – 81,8%. Доля насаждений высокой производительности (2 класс бонитета и выше) наиболее высока в городских лесах феде-

рального подчинения (74,3%), в лесопарках она составляет 72%, в городских лесах муниципального подчинения – 55,2%. Хвойные насаждения более производительны (средний класс бонитета на исследуемых объектах колеблется от 2,2 до 2,8), чем лиственные (от 2,4 до 3,4). При сравнении насаждений лесопарков и городских лесов федерального подчинения обнаруживается, что лесопарки характеризуются меньшим удельным весом высокопроизводительных насаждений на фоне их большого превосходства по площадям свежих (лучших по лесорастительным условиям) типов леса. На наш взгляд это связано с более высоким возрастом насаждений в лесопарках.

В целом приведенные материалы свидетельствуют о достаточно высоком экологическом и рекреационном потенциале исследуемых насаждений, особенно в лесопарках и городских лесах федерального подчинения. Анализ распространения и производительности насаждений различных пород позволяет констатировать, что лесорастительные условия в защитном лесном поясе г. Екатеринбурга в большей степени соответствуют биоэкологическим особенностям сосны.

В исследуемых лесах преобладают среднеполнотные насаждения (с полнотой 0,5-0,8). Их доля в лесопарках составляет 80,7%, в городских лесах муниципального подчинения – 90,1% и в городских лесах федерального подчинения – 86,2%. Наибольшее значение средней полноты насаждений (0,73) характерно для городских лесов федерального подчинения, а наименьшее (0,68) для городских лесов муниципального подчинения. Все три объекта защитного лесного пояса города характеризуются высокой долей насаждений с полнотой 0,6 и выше (закрытых ландшафтов). В лесопарках удельный вес таких насаждений достигает 75,2%, в городских лесах муниципального подчинения – 71,8% и в городских лесах федерального подчинения – 84,0%. Таким образом, в настоящее время соотношение типов ландшафта на исследуемых объектах не укладывается в рамки применяемых при лесоустройстве рекомендаций. Для повышения рекреационной ценности лесопарков и городских лесов, проектируемые мероприятия должны обеспечить постепенную оптимизацию соотношения типов ландшафта.

Ретроспективный анализ динамики площадей различных категорий земель

(за период с 1956 по 2014 гг.) и показателей насаждений (с 1986 по 2014 гг.) лесопарков города позволяет отметить следующее.

Изменения в структуре площадей за анализируемый период не существенны. Произошло некоторое увеличение доли лесных земель (на 1,4%), а в их составе – земель, покрытых лесной растительностью (на 3,1%). Удельный вес лесных культур в составе лесопокрытых площадей, несмотря на некоторый его рост, остается на низком уровне (6,4%). Следует отметить, что вторая половина анализируемого периода характеризуется увеличением площадей нелесных земель (с 1303 до 1625,2 га). Этот негативный процесс в том числе связан с усилением заболачивания территории некоторых лесопарков. В 2014 г. в лесопарках города болота занимали 586,2 га (36,1% от площади нелесных земель). Они снижают эстетическую ценность лесопарков и малопригодны для развития рекреационной деятельности. Поэтому актуальным вопросом в лесопарковом хозяйстве города является проведение мероприятий по предотвращению процесса образования болот.

За последние 28 лет произошло некоторое увеличение количества произрастающих в лесопарках древесно-кустарниковых видов (с 14 до 22). Наблюдается устойчивое сокращение площадей хвойных видов (на 6,8%) и увеличение площадей лиственных (на 6,7%). Таким образом, в лесопарках г. Екатеринбурга наблюдается общая для всех лесов Среднего Урала тенденция в изменении площадей, занятых хвойными и мягколиственными видами. Площадь твердолиственных видов в лесопарках крайне мала, в 2014 г. она составила всего 22,9 га. В целом представленные выше данные указывают на то, что уменьшение общей площади земель, покрытой лесной растительностью, а также увеличение площади мягколиственного хозяйства за анализируемый период произошли за счет площадей, занятых ранее хвойными видами.

За исследуемый период заметно ухудшилась возрастная структура насаждений лесопарков г. Екатеринбурга. За период с 1986 по 2014 гг. по хвойному хозяйству произошло существенное сокращение площади средневозрастных насаждений (с 82,2 до 19,7%) и накопление спелых и перестойных насаждений (доля спелых насаждений увеличилась с 10,1 до 47,8%, а перестойных – с 0,0 до 11,9%).

По мягколиственному хозяйству также заметно сократилась доля средневозрастных насаждений (с 71,8% в 1986 г. до 27,2% в 2014 г.) и возросла доля перестойных (с 0,7 до 9,0%). Удельный вес молодняков, несмотря на то, что за эти годы несколько вырос (с 4,9 до 8,6%), остается недостаточным для улучшения возрастной структуры насаждений естественным путем.

За анализируемый период средний класс бонитета насаждений лесопарков г. Екатеринбурга 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 в лесопарках. Падение класса бонитета насаждений с увеличением их возраста в лесах Среднего Урала является известным фактом (Соколов, 1970; Нагимов, 1984). Таким образом, изменение класса бонитета насаждений в лесопарках г. Екатеринбурга подчиняется общей закономерности, которая наблюдается в лесах региона.

Анализ изменения средней полноты насаждений с учетом всех хозяйств за период с 1986 г по 2014 г показал, что произошло некоторое снижение данного показателя (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, на наш взгляд, можно объяснить повышением возраста насаждений в лесопарках. Удельный вес закрытых ландшафтов в общей площади лесопарков за анализируемый период изменился незначительно – с 80,3% в 1986 г. до 75,2% в 2014 г.

В настоящее время соотношение типов ландшафта в лесопарках г. Екатеринбурга не соответствует оптимальным значениям: в лесопарках очень высока доля закрытых ландшафтов, и совершенно недостаточен удельный вес полуоткрытых.

В течение исследуемого периода произошло ухудшение (в той или иной мере) всех показателей, которые определяются при ландшафтной таксации в рекреационных лесах: класс эстетической ценности, балл рекреационной оценки, класс устойчивости, стадия рекреационной дигрессии.

Основными причинами такого положения являются резкое увеличение рек-

реационных нагрузок в результате роста населения города, увеличение количества лесных пожаров, связанное с ослаблением лесоохранной деятельности и недостаточный объем мероприятий, направленных на благоустройство ландшафтов и улучшение структуры и состояния насаждений.

Корректные лесотаксационные нормативы по оценке объема порубочных остатков от самовольных рубок с значительно меньшими затратами составляются на основе действующих уравнений множественной регрессии фитомассы деревьев.

Технологичность и точность таких нормативов обеспечиваются на основе совмещения данных по массе или объемам порубочных остатков с применяемыми на производстве таблицами объемов стволов, составленными по разрядам высот.

Вершинное бревно, оставляемое при незаконных рубках, в большинстве случаев представляет собой отрезок ствола в кроновой части дерева. Его объем корректно определяется на основе уравнения множественной регрессии, определяющими факторами в котором являются диаметр и высота ствола. Установлено, что у деревьев одинакового диаметра с увеличением их высоты протяженность ствола в кроне, а, следовательно, объем отрезка уменьшаются. Это связано пространственным размещением деревьев в древостоях и их густотой.

Известно, что при прочих равных условиях при густом стоянии деревьев одноименные ступени толщины характеризуются большими высотами, но значительно меньшими размерами крон (длины и диаметра).

На производстве при планировании работ по очистке мест рубок более удобными являются нормативы (в частности при определении потребности в транспорте и других механизмах), в которых данные представлены в объемных единицах; для кроны – в складочных м<sup>3</sup>.

Предлагаемая методика разработки нормативов обеспечивает высокую точность при определении количества порубочных остатков на вырубках, проведенных без разрешительных документов (ошибки не выходят за пределы 10%).

Использование БЛА при ведении хозяйства в городских лесах позволяет решать многие производственные задачи на более качественном уровне и с меньшими затратами труда и средств. В частности, на сравнительно ограниченной

территории городских лесов применение БЛА малых классов наземными группами лесной охраны позволяет существенно уменьшить время обнаружения очагов возгорания и затраты на мониторинг лесных пожаров.

2. Ортофотопланы, полученные при помощи БЛА, могут успешно применяться при инспектировании качества выполнения различных лесохозяйственных мероприятий:

- при контроле соответствия параметров вырубki материалов отвода делянок (по площади, форме, правильности размещения вырубki в границах выдела и др.);

- при контроле качества очистки делянки от порубочных остатков (по соответствию метода и качества очистки параметрам технологической карты);

- при контроле за соблюдением схемы разработки лесосеки (по соответствию фактического размещения волоков и погрузочных площадок данным технологических карт);

- при определении количества пней на вырубке для подготовки проекта лесовосстановления);

- при проверке качества подготовки почвы под лесовосстановление (по проценту обработанной площади, расстоянию между бороздами, направлению борозд, качеству подготовки борозд).

Эффективным направлением использования БЛА является адресная аэрофотосъемка небольших по площади лесных участков при подготовке проектов освоения лесов, в частности, под вид пользования «рекреация». Ортофотоснимки позволяют получить тематическую карту с размещением дорожно-тропиночной сети и привязкой всех объектов инфраструктуры рекреационного участка, вычислить с высокой точностью площади и размеры каждого объекта.

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

- в лесокультурное производство активно внедрять такие виды как лиственница сибирская, ель сибирская, сосна кедровая, липа мелколистная; культуры из этих видов могут успешно произрастают на исследуемой территории и конкури-

ровать 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 Шuvaкишского 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 самовольных рубок составлены нормативы для определения объемов порубочных остатков, которые остаются на месте рубки.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Авдеева, Е.В. Зеленые насаждения в мониторинге окружающей среды крупного промышленного города: автореф. дис. ... докт. с.-х. наук: 03.06.16 / Авдеева Елена Владимировна. – Красноярск, 2008. – 30 с.

Авдеева, Е.В. Общая эстетическая оценка древесных растений по отношению к пространственной ориентации насаждений линейного типа / Е.В. Авдеева, А.А. Извеков // Технологии и оборудование садово-паркового и ландшафтного строительства: сб. ст. Всерос. науч.-практ. конф. – Красноярск: Сиб. гос. ун-т, 2019. – С. 247-251.

Агаркова, М.Г. Эколого-генетические особенности почв городских экосистем (на примере Ленинского района г. Москвы): автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.27 / Агаркова Мария Геннадьевна. – Москва, 1991. – 30 с.

Адамов, А.П. Анализ эксплуатации мультикоптеров с позиции надежности и безопасности / А.П. Адамов, А.А. Адамова, Н.В. Герасимов // Надежность и качество сложных систем. – 2017. – №3(19). – С. 86-93.

Акайкин, Д.А. Оперативное обследование поврежденных насаждений с применением беспилотных летательных аппаратов и ГИС: автореф. ... дис. канд. с.-х. наук: 06.03.02 / Акайкин Даниил Алексеевич. – Санкт-Петербург, 2012. – 20 с.

Акинчин, А.В. Информационные технологии в системе точного земледелия / А.В. Акинчин, Л.В. Левшаков, С.А. Линков, В.В. Ким, В.В. Горбунов // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2017. – №9. – С. 16-21.

Алексеев, А.С. Новый метод определения таксационных характеристик насаждений по снимкам сверхвысокого разрешения с беспилотного летательного аппарата (БПЛА) / А.С. Алексеев, А.А. Никифоров, А.А. Михайлова, М.Р. Вагизов // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. – 2016. – Вып. 215. – С. 6-14.

Алексеев, В.И. Таблицы массы фракций деревьев главнейших лесообразующих пород: сосны, ели, березы и осины / В.И. Алексеев, А.И. Уткин // Биологиче-

ская продуктивность лесов Поволжья. – М.: Наука, 1982. – С. 237-240.

Аmineва, К.З. Эколого-биологическая характеристика дуба черешчатого в условиях техногенного загрязнения (на примере Уфимского промышленного узла): автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.02.08 / Аmineва Клара Забировна. – Тольятти, 2016. – 23с.

Амиров, Ф.А. Изменение почв и растительности под влиянием рекреационного лесопользования / Ф.А. Амиров, В.К. Казанфарова, З.А. Балабеков // Лесоведение. – 1982. – №6. – С. 21-25.

Архипова, Н.П. Природные достопримечательности Екатеринбурга и его окрестностей / Н.П. Архипова. – Изд. 2-е, доп. и испр. – Екатеринбург: Баско, 2007. – 248 с.

Афони́на, М.И. Основы городского озеленения: учеб. пособие / М.И. Афони́на. – Москва: МГСУ, 2010. – 208 с.

Байчибаева, А. В. Рекреационное воздействие на лесные насаждения природного парка "Оленьи ручьи" (подзона южной тайги Урала) и рекомендации по повышению их устойчивости: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.03.02 / Байчибаева Анна Валерьевна. – Екатеринбург, 2011. – 21 с.

Белов, С.В. Оценка гигиенической роли леса / С.В. Белов // Лесное хозяйство. – 1964. – №1. – С. 8-13.

Беляева, М.А. Образ Екатеринбурга: от истории к современности / М.А. Беляева // Территория новых возможностей. Вестник Владивостокского государственного университета экономики и сервиса. – 2016. – №1. – С. 119-127.

Блонская, Л.Н. Ландшафтно-экологическая оценка зеленых насаждений территорий ограниченного пользования / Л.Н. Блонская, Н.А. Зотова // Вестник Башкирского гос. аграрн. ун-та. – 2010. – №3. – С. 38-43.

Бобров, Р.В. Благоустройство лесов / Р.В. Бобров. – Москва: Лесная промышленность, 1977. – 192 с.

Боговая, И.О. Озеленение населенных мест: учеб. пособие / И.О. Боговая, В.С. Теодоронский. – 3-е изд., стер. – Санкт-Петербург: Лань, 2014. – 240 с.

Бойко, А. А. Дендрэкологическая характеристика березы повислой (*Betula*

pendula Roth.) в условиях смешанного типа загрязнения окружающей среды: Уфимский промышленный центр: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.05 / Оренбург. гос. пед. ун-т. – Уфа, 2005. – 20 с.

Большаков, Н.М. Рекреационное лесопользование / Н.М. Большаков. – Сыктывкар: СЛИ, 2006. – 311 с.

Бондарев, А. Н. Обзор беспилотных летательных аппаратов общего пользования и регулирования воздушного движения БПЛА в разных странах / А.Н. Бондарев, Р.В. Киричек // Информационные технологии и телекоммуникации. – 2016. – Том 4. – №4. – С. 13-23.

Бунькова, Н.П. Рекреационная устойчивость и емкость сосновых насаждений в лесопарках Екатеринбурга: монография / Н.П. Бунькова, С.В. Залесов. – Екатеринбург: УГЛТУ, 2016. – 124 с.

Буре, В.М. Анализ характеристик цвета растений по аэрофотоснимкам с различными факторами качественных показателей / В.М. Буре, Е.В.Канаш, О.А. Митрофанова // Вестник Санкт-Петербургского университета. Прикладная математика. Информатика. Процессы управления. – 2017. – Т. 13. – Вып. 3. – С. 278-285.

Бурова, Н.В. Антропогенная трансформация пригородных лесов / Н.В. Бурова, П.А Феклистов. – Архангельск: АГТУ, 2007. – 264 с.

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.

Вайс, А.А. Нормативы для восстановления срубленных запасов сосновых древостоев (*Pinus sylvestris* L.) в условиях Средней Сибири / А.А. Вайс // Вестник КрасГАУ. – 2009. – №11(38). – С. 136-140.

Вайс, А.А. Нормативы для редукции срубленных запасов берёзовых насаждений (*Betula pendula*) в условиях Средней Сибири / А.А. Вайс / Известия Оренбургского государственного университета – 2012. – №1(33). – С. 21-23.

Верхунов, П.М. Лесотаксационный справочник для лесов Урала (нормативные материалы для Пермской, Челябинской, Свердловской и Курганской областей, Башкирской АССР): справочник / П.М. Верхунов, А.В. Попова, В.Л. Черных, И.В. Мамаев. – Москва: ЦБНТИлесхоз, 1991. – Ч. I, II. – 483 с.

Водолажский, А.Н. Определение величин снижения лесного рекреационного ресурса в связи с техногенным влиянием / А.Н. Водолажский, М.Т. Сериков // Лесотехнический журнал. – 2013. – №4(12). – С. 70-76.

Воздушный кодекс Российской Федерации: Федеральный закон №60: принят Государственной Думой 19 февраля 1997 года: одобрен Советом Федерации 5 марта 1997 года: – Москва: Собрание законодательства РФ, 1997. – №12. – 1383 с.

Вторичные материальные ресурсы лесной и деревообрабатывающей промышленности: (Образование и использование): справочник / В.С. Васильев, Б.П. Житомирский, В.В. Корзов [и др.]; гл.ред. А.Е. Юрченко; – Москва: Экономика, 1983. – 224 с.

Гальперин, М.И. Ландшафтная таксация лесопарковых насаждений / М.И. Гальперин, А.А. Николин. – Свердловск: УЛТИ, 1971. – 89 с.

Гальперин, М.И. Организация хозяйства в пригородных лесах. / М.И. Гальперин. – Москва: Лесная пром-сть, 1967. – 232 с.

Гафуров, А.М. Возможности использования беспилотного летательного аппарата для оценки почвенной и овражной эрозии // Учёные записки Казанского университета. Серия естественные науки. – 2017. – Т. 159. – кн. 4. – С. 654-667.

Гизатуллина, Г.И. Лесоводственно-экологическая характеристика насаждений общего пользования в г. Уфе: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.03.02 / Гизатуллина Гульназ Ирековна. – Уфа, 2018. – 23 с.

Гиниятуллин, Р.Х. Лесные насаждения санитарно-защитной зоны промышленного города: состояние, устойчивость, дифференциация и депонирующее значение (Предуралье, Стерлитамакский промышленный центр): автореф. дис. ... докт. с.-х. наук: 06.03.02 / Гиниятуллин Рафак Хизбуллинович. – Уфа, 2019. – 39 с.

Головина, Е.Т. К вопросу о физико-химических особенностях почв города

Свердловска / Е.Т Головина // Охрана природы на Урале. – 1962. – Вып. 3. – С. 27-36.

Горохов, В.А. Городское зеленое строительство: учеб. пособие для вузов / В.А. Горохов. – М.: Стройиздат, 1991. – 416 с.

Горохов, В.А. Зеленая природа города: учебное пособие / В.А. Горохов. – Изд. 2-е, доп. и перераб. – Москва: Архитектура-С, 2005. – 591 с.

Горышина, Т.К. Экология растений: учебное пособие / Т.К. Горышина. – Москва: Высшая школа, 1979. – 368 с.

ГОСТ Р53052-2008. Машины и орудия для подготовки вырубок к производству лесокультурных работ. Методы испытаний: утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 17 декабря 2008 г. N 433-ст: дата введения 2009-07-01 / – Москва: Стандартинформ, 2009.

Гребенников, А.Г. Общие виды и характеристики беспилотных летательных аппаратов: справочное пособие / А.Г. Гребенников, А.К. Мялица, В.В. Парфенюк, О.И. Парфинюк, С.В. Удовиченко – Харьков: Нац. аэрокосм. ун-т «Харьк. авиац. ин-т», 2008. – 377 с.

Гришина, Ю.С. Дроны на службе миру / Ю.С. Гришина // Робототехника и системный анализ: труды международной научно-практической молодёжной конференции. – Пенза: Пензенский государственный технологический университет, 2015. – №1. – С. 80-85

Гусев, Н.Н. Лесоустройство в СССР / Н.Н. Гусев, С.Г. Сеницын, В.И. Сухих, Н.И. Букин – Москва: Лесн. пром-сть, 1981. – 328 с.

Данилин, М.А. Таблицы для таксации осиновых насаждений Сибири: методические указания / М.А. Данилин. – Красноярск: КГАУ, 1998. – 61 с.

Денисенко, С.Г. Незаконные рубки леса как фактор снижения эффективности природопользования / С.Г. Денисенко // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2006. – №2. – С. 87-91.

Денисов, С.А. Опыт применения квадрокоптера для мониторинга возобновления / С.А Денисов, А.А. Домрачев, А.С. Елсуков // Вестник Поволжского госу-

дарственного технологического университета. Серия: Лес. Экология. Природопользование. – 2016. – №4(32). – С. 36-46.

Добровольский, И.А. Газоустойчивость древесно-кустарниковых пород / И.А. Добровольский. – Лесное хозяйство. – 1952. – №4. – С. 90-91.

Дыренков, С.А. Изменение лесных биогеоценозов под влиянием рекреационных нагрузок и возможности их регулирования / С.А. Дыренков // Рекреационное лесопользование в СССР – Москва: Наука, 1983. – С. 20-35.

Екатеринбург: энциклопедия / В.И. Аборкин, В.Н. Авдонин, С.С. Агеев [и др.]; – Екатеринбург: Академкнига, 2002 – 710 с.

Ерохина, В.И. Озеленение населенных мест: справочник / В.И. Ерохина, Г.П. Жеребцова, Т.И. Вольфтрубидр. – Москва: Стройиздат, 1987. – 480 с.

Журавель, В.В. Применение программы Agisoft PhotoScan для создания ортофотоплана местности / В.В. Журавель, С.Г. Скворцов, А.В. Хоркуш, Д.А. Мосин, А.А. Мазун, П.Е. Вдовых, М.В. Верхотурова // Open innovation: материалы Международной научно-практической конференции (Пенза, 23 октября 2017). – Пенза, 2017. – С. 83-86.

Заверткин, С.А. Внимание – воздух! Использование БПЛА для тепловизионного мониторинга очагов самовозгорания угля / С.А. Заверткин // Уголь. – 2017. – №6. – С. 28-30.

Залесов, С.В. Содержание тяжелых металлов в почве городских лесопарков г. Екатеринбурга / С.В. Залесов, Е.В. Колтунов // Аграрный вестник Урала. – 2009. – №6(60). – С. 71-72.

Запорожец, О.М. Использование фото- и видеофиксации для оценки количества производителей тихоокеанских лососей на нерестилищах и путях их миграций: некоторые методические подходы / О.М. Запорожец, Г.В. Запорожец // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. – 2017. – Вып. 47. – С.77-90.

Зинченко, О.Н. Беспилотные летательные аппараты: Применение в целях аэрофотосъемки для картографирования (часть 1) / О.Н. Зинченко // Ракурс: Программные решения в области геоинформатики, цифровой фотограмметрии и дис-

танционного зондирования. – Москва: Компания «Ракурс», 2011. – URL: <http://www.racurs.ru/?page=681> (дата обращения: 27.09.2011).

Золотарева, Н.В. Изменение структуры напочвенного покрова сосновых лесов в условиях крупного промышленного города / Н.В. Золотарева, Е.Н. Подгаевская, С.А. Шавнин // Известия Оренбургского гос. аграрн. ун-та. – 2012. – Т. 5. – №37. – С. 218-221.

Иванова, Г.А. Периодичность пожаров в лесах Республики Тыва / Г.А. Иванова, В.А. Иванов, Е.А. Кукавская // Хвойные бореальной зоны. – 2015. – Т. XXXIII. – №5-6. – С. 204-209.

Ильина, И.Н. Качество городской среды как фактор устойчивого развития муниципальных образований / И.Н. Ильина // Имущественные отношения в Российской Федерации. Москва: Московский институт экономики, политики и права. 2015. № 5 (164). с. 69-82.

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

Илюшин, И.Р. Усыхание хвойных лесов от задымления / И.Р. Илюшин // Всесоюз. науч. инж.-техн. о-во лесной пром-сти и лесного хозяйства. – Москва: Гослесбумиздат, 1953. – 40 с.

Исаев, В.С. Новые методы и подходы в полевых геокриологических исследованиях в рамках дня науки и инноваций / В.С. Исаев, А.И. Тюрин, Д.О. Сергеев, Е.И. Горшков, Н.Г. Волков, С.М. Стефанов // Вестник Моск. ун-та. Серия 4: Геология. – 2016. – №1. – С. 98-102.

Кабанец, А.Г. Незаконные рубки на Дальнем Востоке: мировой спрос на древесину и уничтожение Уссурийской тайги / А.Г. Кабанец, Б.Д. Милаковский, Е.А. Лепешкин, Д.В. Сычиков. – Москва: WWF России, 2013 – 39 с.

Казанская, Н.С. Рекреационные леса / Н.С. Казанская, В.В. Ланина, Н.Н. Марфенин. – Москва: Лесная промышленность, 1977. – 96 с

Капустин, В.Г. География Свердловской области / В.Г. Капустин, И.Н. Корнев. – Екатеринбург: Изд-во Сократ, 2006. – 400 с.

Карякин, В.В. Беспилотные летательные аппараты – новая реальность войны

/ В.В. Карякин // Проблемы национальной стратегии. – №3(30). – 2015. – С. 130-145

Климат России: монография / Н.В. Кобышева, Е.М. Акентьева, Э.Г. Богданова, В.Н. Карпенко [и др.] под редакцией Н.В. Кобышевой – Санкт-Петербург: Гидрометеиздат, 2001. – 654 с.

Климат Свердловска / Г.С. Халевицкая, Н.П. Архипова, Н.И. Фирюков [и др.]; под ред. В.В. Морокова, Ц.А. Швер. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1981. – 190 с.

Ковязин, В.Ф. Устойчивость древесных пород к техногенным нагрузкам / В.Ф. Ковязин, Н.В. Беляева // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии – 2007. – Вып. 179. – С. 15-24.

Колесников, Б.П. Лесорастительные условия и типы лесов Свердловской области / Б.П. Колесников, Р.С. Зубарева, Е.П. Смолоногов. – Свердловск: УНЦ АН СССР, 1973. – 176 с.

Колтунов, Е.В. Стволовые гнили в пригородных лесах и городских лесопарках Зауралья в условиях урбанизации / Е.В. Колтунов // Актуальные проблемы лесного комплекса. – 2017. – №49. – С. 102-105

Коробкин, В.И. Экология: учебник для вузов / В.И. Коробкин, Л.В. Передельский. – 12-е изд., доп. и перераб. – Ростов-на-Дону.: Феникс, 2007. – 602 с.

Коротаев, А.А. Применение беспилотных летательных аппаратов для мониторинга сельскохозяйственных угодий и посевных площадей в аграрном секторе / А.А. Коротаев, Л.А. Новопашин // Аграрный вестник Урала. – 2015. – №12(142). – С. 38-42.

Корчагов, С.А. К вопросу охраны лесов от незаконных рубок в Вологодской области / С.А. Корчагов, И.Н. Лупанова // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. – 2016. – №2. – С. 41-46.

Корченко, А.Г. Обобщённая классификация беспилотных летательных аппаратов / А.Г. Корченко, О.С. Ильяш // Сборник научных работ. Харьковский университет Воздушных Сил. – 2012. – №4(33). – С. 27-36.

Коршунов, Н.А. Воздушные роботы для защиты и охраны лесов: от аппара-

тов к системам / Н.А. Коршунов // Авиапанорама. – 2017. – №3. – URL: <https://www.aviapanorama.ru/wp-content/uploads/2017/07/AP-N3-2017-Roboty-2-mini.pdf> (дата обращения: 05.05.2019).

Коршунов, Н.А. Воздушные роботы призваны на защиту и охрану лесов / Н.А. Коршунов // Авиапанорама. – 2015. – №4. – URL: <http://aviapanorama.ru/wp-content/uploads/2015/08/14.pdf> (дата обращения: 05.05.2019).

Кочкин, А.А. Влияние интенсивной рекреации на динамику состояния нижних ярусов лесных фитоценозов: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.03.02 / Кочкин Александр Андреевич. – Санкт-Петербург, 2019. – 20 с.

Красовский, А.Н. Облет дронами-квадрокоптерами сельскохозяйственных угодий / А.Н. Красовский, О.А. Сулова // Аграрный вестник Урала. – 2016. – №1(143). – С. 29-32.

Кротова Н.Г. Дым и лес / Н.Г. Кротова // Наука и передовой опыт в сельском хозяйстве. – 1958. – №1. – С. 37-38.

Кротова, Н.Г. Влияние задымления воздуха на сосну в Лесной опытной даче сельскохозяйственной академии им. К.А. Тимирязева и мероприятия по созданию устойчивых насаждений: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Кротова Нина Георгиевна. – Москва, 1959. – 11 с.

Кротова, Н.Г. Влияние изменений воздушной среды на рост и развитие сосны в Лесной опытной даче ТСХА / Н.Г. Кротова // Доклады ТСХА. – 1957. – Вып. 29. – С. 300-306.

Кузьмик, Н.С. Анализ развития теории и принципов оценки лесов пригородных зеленых зон / Н.С. Кузьмик // Хвойные бореальной зоны. – 2011. – Т. XXVIII. – №1-2. – С. 34-40.

Кузьмичев, Е.П. Объемы незаконных рубок лесных насаждений в Российской Федерации / Е.П. Кузьмичев, И.Г. Трушина, Е.В. Лопатин // Лесохозяйственная информация: электрон. сетевой журн. – 2018. – №1. – URL: <http://lhi.vniilm.ru> (дата обращения: 05.05.2019).

Кулагин, Ю.З. Древесные растения и промышленная среда // Ю.З. Кулагин. – Москва: Наука, 1974. – 124 с.

Кулагин, Ю.З. О газоаккумулирующей функции древесных растений / Ю.З. Кулагин, С.А. Сергейчик // Экология. – 1982. – №6. – С. 9-14.

Кулагин, Ю.З. О причинах засухоустойчивости березы бородавчатой / Ю.З. Кулагин // Вопросы развития лесного хозяйства на Урале. – 1961. – Вып. 25. – Ч. 2. – С. 67-73.

Курнаев, С.Ф. Жизнестойкость хвойных деревьев в лесопарковом поясе Москвы / С.Ф. Курнаев, А.Д. Вакуров // Сложные боры хвойно-широколиственных лесов и пути ведения лесного хозяйства. – Москва: «Наука», 1968. – С. 209-227.

Ламков, И.М. Исследование возможностей применения квадрокоптера для съемки береговой линии обводненного карьера с целью государственного кадастрового учета / И.М. Ламков, А.Ю. Чермошенцев, С.А. Арбузов, А.П. Гук // Вестник СГУГиТ. – 2015. – Вып. 1(29). – С. 200-209

Лебедев, А.В. Динамика продуктивности и средообразующих свойств древостоев в условиях городской среды: на примере Лесной опытной дачи Тимирязевской академии: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.03.02 / Лебедев Александр Вячеславович. – Москва, 2019. – 20 с.

Лебедев, Б.А. Почвы нечерноземной полосы Урала / Б.А. Лебедев // Труды ин-та биологии Уральск. филиала АН СССР. – Свердловск, 1956. – Вып. 7. – 77 с.

Лебедев, Б.А. Почвы Свердловской области / Б.А. Лебедев. – Свердловск: Свердловгиз, 1949. – 150 с.

Лекомцев, Г.Л. Проблемы Российских лесов – лесные пожары и незаконные рубки / Г.Л. Лекомцев // Теория и практика корпоративного менеджмента: сб. науч. ст. – Пермь: Перм. гос. нац. исслед. ун-т, 2013. – Вып. 10. – 213 с.

Лесной кодекс Российской Федерации: Федеральный закон N 200-ФЗ (ред. от 27.12.2018): принят Государственной Думой 8 ноября 2006 года :одобрен Советом Федерации 24 ноября 2006 года. – URL: <http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=LAW&n=314924&fld=134&dst=1000000001,0&rnd=0.03909004717280351#05666328616161502> (дата обращения: 20.02.2019).

Лесоустроительная инструкция: утверждена приказом Минприроды России

от 29 марта 2018 года N 122: зарегистрирована в Министерстве юстиции Российской Федерации 20 апреля 2018 года, регистрационный N 50859. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/542621790> (дата обращения: 10.02.2020).

Лесохозяйственный регламент лесопаркового участкового лесничества Верх-Исетского лесничества Свердловской области (с изменениями и дополнениями): утвержден приказом Департамента лесного хозяйства Свердловской области № 2006 от 30 декабря 2011: утвержден приказом Департамента лесного хозяйства Свердловской области № 913 от 08 июля 2014 года. – Екатеринбург, 2011 – 510 с.

Лесохозяйственный регламент Муниципального бюджетного учреждения «Екатеринбургское лесничество» с изменениями и дополнениями: утвержден постановлением Администрации города Екатеринбурга № 1000 от 14 апреля 2014 года: утвержден постановлением Администрации г. Екатеринбурга 2017 года. – Екатеринбург. – 2014. – 47 с.

Лищинская, С.Н. Эколого-биологические особенности березы повислой (*Betula pendula* Roth.) как компонента антропогенных лесонасаждений г. Самары: автореф. ... канд. биол. наук: 03.00.16 / Лищинская Софья Наумовна. – Самара, 2003. – 18 с.

Лосев, А.П. Агрометеорология / А.П. Лосев, Л.Л. Журина. – Москва: Колос, 2001. – 296 с.

Луганский, Н.А. Березняки Среднего Урала / Н.А. Луганский, Л.А. Лысов. – Свердловск: Урал. ун-т, 1991. – 100 с.

Лунц, Л.Б. Городское зеленое строительство: учебник для вузов / Л.Б. Лунц. – Изд. 2-е, доп. и перераб. – Москва: Стройиздат, 1974. – 275 с.

Майорова, О.В. Мониторинг полигонов ТБО с помощью квадрокоптеров / О.В. Майорова, И.С. Кротков // Проблемы региональной экологии. – 2017. – №4. – С. 105-107.

Макухин, А.А. Законодательное регулирование правового статуса беспилотных летательных аппаратов / А.А. Макухин // Научный вестник Крыма. – 2017. – №1(6). – С. 1-6.

Мамин, Р.Г. Урбанизация и охрана окружающей среды в Российской Феде-

рации / Р.Г. Мамин // Российское экологическое федеральное информ. агентство. – Москва: Изд-во РЭФИА, 1995. – Ч. 1. – 80 с.

Машинский, Л.О. Город и природа: (Гор. зеленые насаждения) / Л.О. Машинский. – Москва: Стройиздат, 1973. – 228 с.

Менщиков, С.Л. Распределение деревьев опытных культур *Betula pendula* Roth. по ступеням толщины и уровень загрязнения почвы в зоне действия выбросов комбината "Магнезит" / С.Л. Менщиков, К.Е. Завьялов, Н.А. Кузьмина, П.Е. Мохначев, И.С. Цепордей // Успехи современного естествознания. – 2016. – №10. – С. 84-89. URL: <http://natural-sciences.ru/ru/article/view?id=36158> (дата обращения: 05.04.2019).

Мозолевская, Е.Г. Результаты оценки и динамики состояния зеленых насаждений и городских лесов Москвы в 1998 г. / Е.Г. Мозолевская // Вестник Московского государственного университета леса - Лесной вестник. – Москва: Издательство МГУЛ, 1999. – №2(7). – С. 183-188.

Мусин, Х.Г. Оптимизация рекреационного лесопользования в Среднем Поволжье: автореф. дис. ... докт. с.-х. наук: 06.03.02 / Мусин Харис Гайнутдинович. – Уфа, 2013. – 48 с.

Мусин, Х.Г. Природа и насаждения зеленых зон городов: монография / Х.Г. Мусин, Р.Г. Набиуллин, А.Ф. Хайретдинов, Ф.Ю. Хайрутдинов, М.Р. Сахибгареев. – Москва: Моск. гос. ун-т леса, 2006. – 415 с.

Нагимов, З.Я. Закономерности роста и формирования надземной фитомассы сосновых древостоев: автореф. дис. ... докт. с.-х. наук: 06.03.03 /Нагимов Зуфар Ягфарович. – Екатеринбург, 2000. – 40 с.

Нагимов, З.Я. Закономерности строения и роста сосновых древостоев и особенности рубок ухода в них на Среднем Урале: автореф. ... к. с.-х.н.: 06.03.03 / Нагимов Зуфар Ягфарович – Свердловск, 1984. – 329 с.

Нагимов, З.Я. 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.

Нагимов, З.Я. Разработка унифицированных нормативов оценки надземной фитомассы деревьев / З.Я. Нагимов, И.С. Сальникова // Леса Урала и хозяйство в них. – Екатеринбург, 1998. – Вып. 20. – С. 251-262.

Нагимов, З.Я. Фитомасса кроны, хвои и древесной зелени в сосняках Среднего Урала. / З.Я. Нагимов. // Лесная таксация и лесоустройство: Межвузовский сборник научных трудов – Каунас: Изд-во ЛитСХА. – 1988. – С. 101 – 108.

Население России: численность, динамика, статистика: сайт / Сайт о странах, городах, статистике населения и др. – URL: <http://www.statdata.ru/russia> (дата обращения 22.11.2019).

Наставления по отводу и таксации лесосек в лесах Российской Федерации: приказ Рослесхоза от 15 июня 1993 года №155: принят Федеральной службы лесного хозяйства РФ 15 июня 1993 года. – Москва. 1993. – 72 с.

Научно-прикладной справочник по климату СССР: Ч. 1 – 6 / Гос. ком. СССР по гидрометеорологии. Вып. 9: Пермская, Свердловская, Челябинская, Курганская области, Башкирская АССР / Урал. террит. упр. по гидрометеорологии, Гидрометеорол. центр. – Ленинград: Гидрометеоиздат, 1990. – 557 с.

Нгуен Тхи Тху Хьонг. Особенности восстановительных сукцессий на землях, вышедших из-под сельскохозяйственного пользования : на примере национального парка Кук Фьонг, Вьетнам: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.03.02 / Нгуен Тхи Тху Хьонг. – Санкт-Петербург, 2019. – 24 с.

Неверова, О.А. Характеристика некоторых процессов жизнедеятельности березы повислой в условиях техногенного загрязнения города Кемерово / О.А. Неверова // Региональная экология. – 2002. – №3-4(19). – С. 58-63.

Нестеров, В.Г. Влияние антропогенных факторов на прирост сосняков лесопаркового пояса г. Москвы / В. Г. Нестеров, Ю.Д. Ишин // Докл. Тимирязевской с.-х. акад. – Москва, 1969. – Вып. 154. – С.301–306.

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

Николаевский, В.С. Экологическая оценка загрязнения среды и состояния наземных экосистем методами фитоиндикации / В.С. Николаевский. – Москва:

Моск. гос. ун-т леса, 1999. – 193 с.

Николин, А.А. Основы лесоустройства лесопарковых насаждений зеленой зоны промышленных центров Свердловской области. автореф: дис. ... канд. с.-х. наук: 06.00.00 /Николин Алексей Андреевич. – Свердловск, 1972. – 34 с.

О внесении изменений в Воздушный кодекс Российской Федерации: Федеральный закон № 291-ФЗ от 03 июля 2016 года: принят Государственной Думой 21 июня 2016 года. – Москва: – URL: [http://www.consultant.ru /document /cons\\_doc LAW 200651](http://www.consultant.ru /document /cons_doc LAW 200651) (дата обращения: 30.05.2017).

О внесении изменений в части первую и вторую Налогового кодекса Российской Федерации в связи с передачей налоговым органам полномочий по администрированию страховых взносов на обязательное пенсионное, социальное и медицинское страхование: Федеральный закон №243-ФЗ от 03.07.2016 (ред. от 29.01.2018 – URL: <https://www.1fd.ru/#/document/99/420363433/ZAP2PAG3MD/?of=copy-774aecfc87> (дата обращения 30.01.2018).

О контроле за лесоматериалами: инструктивное письмо N 01-13/723 от 21 января 1994 года (в редакции телеграммы ГТК РФ от 23 февраля 1994 г. N Т-10842). Государственный таможенный комитет Российской Федерации. – Москва: – URL: <http://docs.cntd.ru/document/9006961> (дата обращения: 24.06.2017).

О размерах районных коэффициентов к заработной плате рабочих и служащих предприятий и организаций промышленности, строительства, транспорта и связи, расположенных в районах Урала, для которых эти коэффициенты в настоящее время не установлены, и о порядке их применения: постановление Госкомтруда СССР, Секретариата ВЦСПС от 28 февраля 1974 года №46/7. Материал ФСС «Система Финансовый директор». – URL: <https://www.1fd.ru/#/document/99/901789300/XA00M6G2N3/> (дата обращения: 16.05.2017).

О состоянии и об охране окружающей среды Свердловской области в 2017 году: Государственный доклад. – Екатеринбург: 2018. – 328 с.

О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения г. Екатеринбурга в 2018 году: Государственный доклад. – Екатеринбург: 2019. – 266

с.

О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Свердловской области в 2017 году: Государственный доклад. – Екатеринбург: 2018. – 263 с.

Об утверждении состава проекта освоения лесов и порядка его разработки: приказ Федерального агентства лесного хозяйства РФ № 69 от 29 февраля 2012 года: зарегистрировано в Министерстве юстиции Российской Федерации 5 мая 2012 года, регистрационный N 24075. – 2012. – 84 с.

Общесоюзные нормативы для таксации лесов: справочник / В.В. Загреев, В.И. Сухих, А.З. Швиденко [и др.]. – Москва: Колос, 1992. – 495 с.

Осипенко, А.Е. Опыт применения квадрокоптера для создания трехмерной модели лесных насаждений / А.Е. Осипенко, Я. Коукал, И.А. Панин, И.А. Иванчина, С.В. Залесов // Леса России и хозяйство в них. – 2017. – №4(63). – С. 16-22.

Основные положения по организации и ведению лесного хозяйства в зеленых зонах: утверждены приказом Гослесхоза СССР от 24 сентября 1970 № 189. – 1971. – 30 с.

Основы государственной политики в области экологического развития Российской Федерации на период до 2030 года: утверждены Президентом РФ 30 апреля 2012. – 2012. – 12 с.

Основы оценки воздействия загрязненной окружающей среды на здоровье человека: пособие по региональной экологической политике / Б.А. Ревич, С.Л. Авалиани, Г.И. Тихонова. – Москва: Акрополь, ЦЭПР, 2004. – 268 с.

Петушкова, В.Б. Мониторинг и охрана лесов с применением беспилотных летательных аппаратов / В.Б. Петушкова, С.О. Потапова // Пожарная безопасность: проблемы и перспективы. – 2018. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=36576322> (дата обращения: 30.05.2017).

Полевой, В.В. Физиология растений / В.В. Полевой. – Москва: Высшая школа, 1989. – 464 с.

Полякова, Г.А. Антропогенное изменение широколиственных лесов Подмосковья / Г.А. Полякова, Т.В. Малышева, А.А. Флеров. – Москва: Наука, 1983. – 120

с.

Полякова, Г.А. Рекреация и деградация лесных биогеоценозов / Г.А. Полякова // Лесоведение. – 1979. – №3. – С. 70-80.

Поршнева, О.С. Столица Урала: эволюция административного статуса Екатеринбурга и идентичности горожан в XVIII — начале XX в. / О.С. Поршнева, Е.Ю. Казакова-Апкаримова // Известия Уральского федерального университета. Сер. 2: Гуманитарные науки. – 2015. – №2(139). – С. 178-191.

Почва, город, экология / под ред. Г. В. Добровольского. – Москва: Фонд за экономическую грамотность, 1997. – 320 с.

Правила пожарной безопасности (с изменениями на 17 апреля 2019 года): постановление правительства Российской Федерации N 417: утверждены от 30 июня 2007 года. – URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_69502/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_69502/).

Правила санитарной безопасности в лесах: Постановление Правительства Российской Федерации №607 от 20 мая 2017. – URL: <http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&nd=102433598> (дата обращения: 30.05.2017).

Проект организации и ведения лесного хозяйства городского лесхоза администрации г. Екатеринбурга: Пояснительная записка. Поволжское лесоустroительное предприятие. Свердловская лесоустroительная экспедиция. – Екатеринбург: 1998. Т.1 – 293 с.

Проект организации и развития лесного хозяйства Свердловского горлесхоза управления зеленого хозяйства Свердловского горисполкома: Объяснительная записка. Поволжское лесоустroительное предприятие. Свердловская аэрофотолесоустroительная экспедиция. – Свердловск: 1987. Т.1. – 154 с.

Основы оценки воздействия загрязненной окружающей среды на здоровье человека: пособие по региональной экологической политике / Б.А. Ревич, С.Л. Авалиани, Г.И. Тихонова. – Москва: Акрополь, ЦЭПР, 2004. – 268 с.

Реймерс, Н.Ф. Природопользование: словарь-справочник / Н.Ф. Реймерс. – Москва: Мысль, 1990. – 637 с.

Рубцов, П. И. Влияние рекреационной нагрузки на подрост в Шарташском лесопарке Екатеринбурга / П. И. Рубцов, Н.П. Бунькова, С.В. Залесов // Лесная

наука в реализации концепции уральской инженерной школы: социально-экономические и экологические проблемы лесного сектора экономики: материалы XI Международной научно-технической конференции. – Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2017. – С. 232–234.

Ружицкая, С.С. Влияние антропогенных факторов на рост основных древесных пород: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.00.00 / Ружицкая Светлана Сергеевна – Москва, 1970 – 26 с.

Ружицкая, С.С. Влияние антропогенных воздействий на жизнеустойчивость сосны обыкновенной / С.С. Ружицкая // Науч.-техн. конф. Секция лесн. хоз-ва: Реф. докл. / МЛТИ, Москва: 1967. – С.73-76.

Рысин С.Л. Мониторинг состояния рекреационных искусственных насаждений в городских пригородных лесах / С.Л. Рысин // Лесной вестник. – 1999. – №2. – С. 36-39.

Рябов, Д.А. Правовой статус беспилотных летательных аппаратов в мировой практике и в Российской Федерации / Д.А. Рябов, Е.Л. Фарафонтова // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. – 2013. – Т. 2. – №9. – С. 298-299.

Садоков, В.П. Определение весенних дат устойчивого перехода средней суточной температуры воздуха через 0, +5 °С, их прогноз и оценка / В.П. Садоков, В.Ф. Козельцева, Н.Н. Кузнецова // Труды Гидрометеорологического научно-исследовательского центра Российской Федерации. – 2012. – №348. – С. 162-172.

Сальникова, И.С. Структура и динамика фитомассы древесного полога в сосняках Среднего Урала: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.03.02 / Сальникова Ирина Сергеевна. – Екатеринбург, 2005. – 23 с.

Седых, В.Н. Состояние пригородных лесов и новые подходы к ведению в них лесопользования / В.Н. Седых, В.И. Барановский // ГеоСибирь. – 2005. – Т. 3. – №1. – С. 146-148.

Семенкова, Е.В. Принципы архитектурно-планировочной организации цветочного оформления города (на примере города Москвы): автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.03.03 / Семенкова Елена Васильевна – Екатеринбург, 2019. – 20 с.

Сетевые камеры Axis для дистанционного мониторинга лесных пожаров:

сайт / Security News: Информационно-аналитическое издание по техническим средствам и системам безопасности – URL: <http://www.secnews.ru/pr/18062.htm#axzz5o4gNaT7f> (дата обращения: 03.02.2019).

Скуднева, О.В. Беспилотные летательные аппараты в системе лесного хозяйства России / О.В. Скуднева // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. – 2014. – №6(342). – С. 150-154.

Смит, У.Х. Лес и атмосфера / У.Х. Смит. – Москва: Прогресс, 1985. – 429 с.

Советский энциклопедический словарь / гл. ред. А.М. Прохоров. – Москва: Изд-во Советская энциклопедия, 1982. – 1600 с.

Соколов С.В. Исследование роста и товарности сосновых насаждений подзоны южной тайги Зауралья: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.00.00 / Соколов Сергей Васильевич. – Свердловск, 1970. – 23 с.

Соколов, В.А. Проблемы совершенствования охраны лесов Сибири / В.А. Соколов, О.П. Втюрина, Н.А. Борисевич, Т.К. Распопина, И.В. Лукьянов // Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2013. – Т. 3. – №4. – С. 3-8.

Соколов, П.А. Таблицы для таксации фитомассы крон в древостоях лиственных пород республики Марий Эл и сопредельных районов: справочное пособие / П.А. Соколов, В.А. Закамский, А.О Петрушев. – Йошкар-Ола: Марийский политехн. ин-т им. А.М. Горького, 1994. – 108 с.

Стратегический план развития Екатеринбурга до 2030 года: утвержден решением Екатеринбургской городской Думы №12/81 от 25 мая 2018 года. – Екатеринбург, 2018. – 214 с.

Суслов, А.В. Состояние сосновых насаждений в условиях автотранспортного загрязнения в районе г.Екатеринбурга: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.03.02 / Суслов Александр Владимирович. – Екатеринбург, 2011. – 21 с.

Тагирова, О.В. Городские и пригородные леса промышленных центров как компонент социо-эколого-экономических систем / О.В. Тагирова, А.Ю. Кулагин // Известия Уфимского научного центра Российской академии наук. – 2017. – №4-1. – С. 109-111.

Таран, И.В. Рекреационные леса Западной Сибири / И.В. Таран. – Новоси-

бирск: Наука, 1985. – 230 с.

Таран, И.В. Устойчивость рекреационных лесов / И.В. Таран, В.Н. Спиридонов. – Новосибирск: Наука, 1977. – 179 с.

Тарасов, А.И. Рекреационное лесопользование / А.И. Тарасов. – Москва: Агропромиздат, 1986. – 176 с.

Тарасова, О.В. Экосистемы в городской среде: структура, состояние, устойчивость, управление: учебное пособие. – Красноярск: Сиб. фед. ун-т, 2013. – 204 с.

Тимофеев, В.П. Причины усыхания хвойных лесов Подмосковья и мероприятия по их восстановлению / В.П. Тимофеев // Доклады ТСХА – 1957. – Вып. 29. – С.28-37.

Титов, А.Ф. Тяжелые металлы и растения / А.Ф. Титов, Н.М. Казнина, В.В. Таланова. – Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2014. – 194 с.

Ткаченко, М.Е. Общее лесоводство / М.Е. Ткаченко. – М.: Гослестехиздат, 1955. – 599 с.

Токмурзин, Т.Х. Сортиментные таблицы и выход хвойной лапки / Т.Х. Токмурзин, С.Б. Байзаков // Вест.с/х науки Казахстана. – 1969. – №4. – С. 53-64.

Третьяков, Н.В. Справочник таксатора: Таблицы для таксации леса / Н.В. Третьяков, П.В. Горский, Г.Г. Самойлович. – Изд. 2-е, перераб. – Москва: Лесная пром-сть, 1965. – 459 с.

Трофимова, И.Л. Надземная фитомасса и ее годовая продукция в спелых сосняках Среднего Урала: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.03.02 / Трофимова Ия Леонидовна. – Екатеринбург, 2015. – 24 с.

Трофимова, И.Л. Надземная фитомасса сосновых насаждений в различных типах леса в условиях Среднего Урала / И.Л. Трофимова, У.П. Кошечева, З.Я. Нагимов // Аграрный вестник Урала. – Екатеринбург. – 2012. – Вып. 8(100). – С. 55-58.

Трофимова, И.Л. Фитомасса древостоев и нижних ярусов растительности в сосновых насаждениях различных типов леса в условиях Среднего Урала / И.Л. Трофимова, У.П. Кошечева, З.Я. Нагимов // Научно-практический журнал Вестник

ИГСХА. – Иркутск: Материалы Международного Симпозиума, посвященного 55-летию образования Приморской государственной сельскохозяйственной академии «Лесные ресурсы: сохранение, использование и воспроизводство». – 2013. – Вып. 54. – С. 93-100.

Трудовой кодекс Российской Федерации: Федеральный закон №197-ФЗ (ред. от 01.01.2020): принят Государственной думой 30 декабря 2001 года: одобрен Советом Федерации 26 декабря 2001 года. – URL: <https://www.1fd.ru/#/document/99/901807664/infobar-card/> (дата обращения 10.01.2020)

Тюльпанов, Н.М. Лесопарковое хозяйство / Н.М. Тюльпанов. – Ленинград: Стройиздат, 1975. – 161 с.

Усольцев, В.А. Методы и таблицы оценки надземной фитомассы деревьев / В.А. Усольцев, З.Я. Нагимов, В.В. Деменев, И.В. Мельникова // Леса Урала и хозяйство в них. – Екатеринбург: – 1993. – Вып. 16. – С. 90-110.

Усольцев, В.А. Методы таксации фитомассы древостоев / В.А. Усольцев, З.Я. Нагимов. – Свердловск: УЛТИ, 1988. – 46 с.

Усольцев, В.А. Моделирование структуры и динамики фитомассы древостоев / В.А. Усольцев. – Красноярск: Изд-во Краснояр. ун-та, 1985. – 191 с.

Усольцев, В.А. Рост и структура фитомассы древостоев / В.А. Усольцев. – Новосибирск: Наука, 1988. – 253 с.

Усольцев, В.А. Таблицы фитомассы кроны для одновозрастных ельников Швейцарии / В.А. Усольцев, Хоффман К.В., Нагимов З.Я., Мельникова И.В. // Леса Урала и хозяйство в них. Екатеринбург: – 1995. – Вып. 18. – С. 181-197.

Усольцев, В.А. Ход роста надземной фитомассы сосняков и ельников Среднего Урала / В.А. Усольцев, И.В. Мельникова // Леса Урала и хозяйство в них. – Екатеринбург: – 1994. – Вып. 17. – С. 152-169.

Уткин, В.И. Особенности радиационной обстановки на Урале / В.И. Уткин, М.Я. Чеботина, А.В. Евстигнеев, Н.М. Любашевский. – Екатеринбург: УрО РАН, 2004. – 150 с.

Ушаков, А.И. Справочник по учету лесоматериалов / А.И. Ушаков. – Москва:

Экология, 1994. – 208 с.

Федеральные правила использования воздушного пространства Российской Федерации (с изменениями на 3 февраля 2020 года): Постановление Правительства Российской Федерации N138 от 11 марта 2010 г. (ред. от 12.02.2020). Москва: – URL: <http://docs.cntd.ru/document/902207152> (дата обращения: 30.05.2018).

Федоров, С.И. Классификация БПЛА и системы их интеллектуального управления / С.И. Федоров, А.В. Хаустов, Т.М. Крамаренко, В.С. Долгих // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. – 2016. – №74. – С. 12-21.

Фельдман, Ю.Г. Гигиеническая оценка автотранспорта как источника загрязнения атмосферного воздуха / Акад. мед. наук СССР. – Москва: Медицина, 1975. – 159 с

Фирсова, В.П. Почвенные условия и особенности биологического круговорота веществ в горных сосновых лесах / В.П. Фирсова, Т.С. Павлова. – Москва: Наука, 1983. – 167 с.

Фирсова, В.П. Почвы таежной зоны Урала и Зауралья / В.П. Фирсова. – Москва: Наука, 1977. – 176 с.

Фирсова, В.П. Почвы Уралмашевского лесхоза Свердловской области / В.П. Фирсова, Г.К. Ржанникова // Лесные почвы Урала. Научн. тр. / Ин-т биологии УФАН АН СССР, 1966. – Вып. 55. – С. 47-68.

Фомина, И.А. К вопросу о содержании понятия «незаконная порубка деревьев и кустарников» / И.А. Фомина // Сибирский юридический вестник. – 2007 – №2(37) – С. 104-107.

Хайретдинов, А.Ф. Рекреационное лесоводство / А.Ф. Хайретдинов, С.И. Кошарова. – Москва: МГУЛ, 2002. – 308 с.

Хальясмаа, А.И. Диагностический комплекс для оценки состояния воздушных линий электропередачи / А.И. Хальясмаа, Д.И. Близнюк, А.М. Романов // Вестник ЮУрГУ. Серия Энергетика. – 2015. – Т. 15, №4. – С. 46-53.

Ходачек, О.А. Факторы, определяющие состояние хвойных пород в насаждениях, имеющих рекреационное значение в Санкт-Петербурге, Ленинградской об-

ласти и соседних территориях : автореф. дис. ... канд. биолог. наук: 06.03.02 / Ходачек Олеся Александровна. – Санкт-Петербург, 2019. – 19 с.

Чистякова, С.Б. Охрана окружающей среды / С.Б. Чистякова. – М.: Стройиздат, 1988. – 272 с.

Шавнин, С.А. Лесоводственно-таксационная оценка экологического состояния лесов в условиях рекреации и техногенного загрязнения / С.А. Шавнин, В.А. Галако, С.Л. Меншиков, В.Э Власенко, В.Н. Марущак // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2010. – №3(27). – С. 37-41.

Шарифуллин, Р.Н. Лиственница Сукачева (*Larix sukaczewii* Dyl.) и сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.) в условиях нефтехимического загрязнения: Характеристика проводящей корневой системы : автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.05 / Шарифуллин Рафаэль Насимович – Уфа, 2005. – 20 с.

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. – URL: <http://natural-sciences.ru/ru/article/view?id=35979> (дата обращения: 29.06.2016).

Шевелина, И.В. История образования и устройства лесопарков Екатеринбурга / И.В. Шевелина, И.Ф. Коростелев, З.Я. Нагимов // Вестник Московского государственного университета – Лесной вестник. – Москва, 2008. – №3(60). – С. 107-111.

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. – URL: <https://www.science-education.ru/article/view?id=18547> (дата обращения: 10.12.2018).

Экологическая доктрина Российской Федерации: Распоряжение Правительства РФ №1225-р: Одобрена распоряжением Правительства от 31 августа 2002. – 2002. – 17 с.

Экология города: учебник / Под общ. ред. Стольберга Ф. В. – Киев : Либра, 2000. – 462

Экология города: учебное пособие / В.В. Денисов, А.С. Курбатова, И.А. Денисова [и др.]; под ред. В.В. Денисова. – Москва, Ростов-на-Дону: КЦ МарТ, Издательский центр МарТ, 2008. – 832 с.

Юкнис, Р. Долгосрочные наблюдения за ростом и продуктивностью древесного яруса в системе мониторинга лесных экосистем / Р. Юкнис // Биомониторинг лесных экосистем. – Каунас: Академия, 1987. – С. 59-67.

Якубов, Х.Г. Опыт эколого-экономической оценки эффективности городского озеленения / Х.Г. Якубов // Технологии и оборудование садово-паркового и ландшафтного строительства: материалы Всерос. науч.-практ. конф. – Красноярск: Сиб. гос. ун-т, 2019. – С. 9-13.

Яновский, Л.Н. Вес зеленой биомассы деревьев в древостоях сосны, ели, березы и осины по разрядам высот Ленинградской области // Лесное хозяйство, лесная, деревообрабатывающая и целлюлозно-бумажная промышленность: сб. ст. о законченных н.-и. работах. – Ленинград: 1975. – Вып. 3. – С. 21-23.

Car M. Application of unmanned aerial vehicle for landslide mapping / M. Car, D.J. Kaćunić, M.-S. Kovačević // Proc. Int. Symposium on Engineering Geodesy. – Zagreb: Croatian Geodetic Soc., 2016. – P. 549-559.

Chiesura, A. The role of urban parks for the sustainable city / A. Chiesura // Landscape and Urban Planning. – 2004. – N.68. – P. 129-138.

d'Oleire-Oltmanns S. Unmanned aerial vehicle (UAV) for monitoring soil erosion in Morocco / S. d'Oleire-Oltmanns, I. Marzloff, K. Peter, J. Ries // Remote Sens. – 2012. – V. 4. – No12. – P. 3390-3416.

Global Air Traffic Management Operational Concept. First Edition. International Civil Aviation Organization. – 2005. Doc 9854. AN/458. URL: [http://www.icao.int/Meetings/anconf12/Document%20Archive/9854\\_cons\\_en%5B1%5D.pdf](http://www.icao.int/Meetings/anconf12/Document%20Archive/9854_cons_en%5B1%5D.pdf) (дата обращения: 01.05.2019).

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.

Pineux, N. Can DEM time series produced by UAV be used to quantify diffuse

erosion in an agricultural watershed? / N. Pineux, J. Lisein, G. Swerts, C.L. Bielders, P. Lejeune, G. Colinet, A. Degré // *Geomorphology*. – 2016. – V. 280. – P. 122-136.

Tilly, N. Geomorphological mapping with terrestrial laser scanning and UAV-based imaging / N. Tilly, D. Kelterbaum, R. Zeese // *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.* – 2016. – V. XLI-B5. – P. 591-597.