

На правах рукописи

Нуриев Дмитрий Наильевич

**СТРОЕНИЕ, РОСТ И СОСТОЯНИЕ ОЗЕЛЕНИТЕЛЬНЫХ
ПОСАДОК БЕРЕЗЫ ПОВИСЛОЙ (BETULA PENDULA ROTH)
В УСЛОВИЯХ Г. ЕКАТЕРИНБУРГА**

06.03.02 – Лесоведение, лесоводство,
лесоустройство и лесная таксация

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Екатеринбург – 2019

Работа выполнена в
ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет»

Научный руководитель:	доктор сельскохозяйственных наук, профессор Нагимов Зуфар Ягфарович
Официальные оппоненты:	Авдеева Елена Владимировна, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева», кафедра технологий и машин природообустройства, профессор; Гиниятуллин Рафак Хизбуллинович, кандидат биологических наук, Уфимский Институт биологии – обособленное структурное подразделение ФГБНУ «Уфимский федеральный исследовательский центр РАН», лаборатория лесоведения, старший научный сотрудник.
Ведущая организация:	ФГБОУ ВО «Башкирский государственный аграрный университет»

Защита состоится «24» октября 2019 г. в 10⁰⁰ часов на заседании диссертационного совета Д 212.281.01 при ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет» по адресу: 620100, г. Екатеринбург, Сибирский тракт 37, ауд. 401.

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

Автореферат разослан «___» _____ 2019 г.

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

Магасумова
Альфия Гаптрауфовна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Зеленые насаждения в городах с большой концентрацией населения, промышленных объектов и транспорта играют исключительно важную роль. Они, являясь неотъемлемой частью планировочной структуры города и выполняя разнообразные экологические и социальные функции, формируют условия жизни человека. Полезные функции зеленых насаждений определяются их количественными и качественными характеристиками. Поэтому эффективность зеленого строительства во многом зависит от степени изученности закономерностей формирования, роста и развития насаждений в урбанизированной среде. Условия создания и произрастания городских озеленительных посадок определяют формирование насаждений, которые по многим таксационным показателям существенно отличаются от естественных. Это вызывает необходимость выявления отличительных особенностей их строения и роста. Полученная при этом информация может служить основой для разработки и внедрения в практику инвентаризации посадок корректных таксационных нормативов, позволяющих прогнозировать формирование и рост зеленых насаждений и решать вопросы рационального ведения хозяйства в них.

В Екатеринбурге среди древесно-кустарниковых видов, используемых в системе озеленения, важное место занимает береза повислая (*Betula pendula* Roth). Она характеризуется достаточно большим участием в озеленительных посадках города, обладает быстрым ростом, относительно высокой устойчивостью к неблагоприятным факторам городской среды и декоративностью. Городские озеленительные посадки этого вида с таксационных позиций практически не изучены.

Степень разработанности темы. В научной литературе имеется большое количество публикаций, посвященных эколого-биологическим особенностям березы повислой, ее устойчивости воздействиям негативных антропогенных факторов и состоянию в городских условиях (Кулагин, 1961; Николаевский, 1979; Неверова, 2002; Лищинская, 2003; Ковязин, Беляева, 2007; Блонская, Зотова, 2010; Менщиков и др., 2016; Гиниятуллин, 2019; и др.). Вместе с тем, вопросы строения и роста озеленительных посадок березы изучены крайне недостаточно. Отсутствуют таксационные нормативы, необходимые для ведения зеленого хозяйства.

Цель и задачи исследований. Основная цель работы – оценка строения, роста и состояния городских озеленительных посадок березы повислой и разработка таксационных нормативов, необходимых для их инвентаризации.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

1. Изучение особенностей дифференциации и распределения деревьев березы по размерам ствола и кроны в городских посадках.
2. Исследование взаимосвязей между различными таксационными и морфологическими показателями деревьев.
3. Оценка возрастной динамики основных таксационных и морфологических показателей озеленительных посадок.
4. Обоснование возможности использования программно-измерительного комплекса (ПИК) на базе ГИС Field-Mar для определения сбега и объема ствола растущих деревьев.
5. Разработка таблиц объемов стволов березы и таблиц возрастной динамики таксационных показателей городских посадок данного вида.
6. Исследование морфологических показателей и флуктуирующей асимметрии листовых пластинок березы.
7. Оценка состояния и устойчивости городских посадок березы.

Научная новизна. Впервые в городских озеленительных посадках березы выявлены особенности дифференциации и распределения деревьев по таксационным и морфологическим показателям и связь изменчивости этих показателей с шагом посадки и санитарным состоянием зеленых насаждений. Установлены характер взаимосвязей между размерами стволов и крон и закономерности возрастной динамики основных таксационных показателей деревьев. Оценены точность определения сбега и объема стволов растущих деревьев с помощью ПИК Field-Map и возможность использования полученных ПИК данных для составления объемных таблиц. Доказано, что соотношения средних диаметров и высот в озеленительных посадках по характеру и пределам изменения не укладываются в рамки разрядной шкалы естественных древостоев и предложен метод составления таблиц объемов на основе уравнения множественной регрессии. Исследовано влияние санитарного состояния деревьев на размеры, массу, форму и флуктуирующую асимметрию листовых пластинок и по величине последнего показателя оценено состояние и устойчивость озеленительных посадок. Впервые для городских посадок березы разработаны таксационные нормативы.

Теоретическая и практическая значимость работы. Результаты исследований расширяют современные знания о строении и росте городских озеленительных посадок березы и могут служить теоретической и информационной базой зеленого хозяйства города. Полученные количественные и качественные характеристики посадок березы, разработанные нормативы и регрессионные уравнения могут быть использованы при разработке планов озеленения городских территорий, проведении инвентаризации озеленительных посадок и проектировании в них хозяйственных мероприятий. Теоретические и прикладные результаты исследований используются в учебном процессе и научной работе ФГБОУ ВО УГЛТУ.

Методология и методы исследований. В основу работы положены комплексный подход и многоаспектный анализ городских посадок с применением апробированных методов таксации и оценки состояния деревьев и древостоев.

Положения, выносимые на защиту:

1. Городские озеленительные посадки существенно отличаются от естественных древостоев дифференциацией и распределением деревьев по размерам ствола и кроны, характером взаимосвязей между ними и возрастной динамикой таксационных показателей; особенности строения и роста городских посадок позволяют считать их специфическим объектом таксации, требующим разработки для них специальной нормативной базы.

2. Результаты определения высоты и сбега стволов растущих деревьях с помощью ПИК Field-Map позволяют определить с достаточной точностью их объемы, которые могут служить экспериментальной основой для составления соответствующих таксационных нормативов.

3. Таблицы объемов стволов с тремя входными показателями (диаметром на высоте груди, высотой и коэффициентом формы q_2), составленные с учетом специфики роста деревьев в городских посадках, обеспечивают при их таксации высокую точность.

4. Линейные размеры, форма, масса и флуктуирующая асимметрия листовых пластинок тесно связаны с санитарным состоянием деревьев; по величине флуктуирующей асимметрии можно объективно оценить состояние посадок.

Достоверность и обоснованность результатов исследований подтверждаются достаточным объемом экспериментальных данных, собранных с применением апробированных методик и использованием современных методов и прикладных компьютерных программ при их обработке и интерпретации полученных результатов.

Апробация работы. Основные результаты и положения исследований доложены на международных (Пенза, 2016, 2017; Екатеринбург, 2017, 2019; Москва, 2017, 2018) и всероссийских (Екатеринбург, 2016, 2018, 2019; Красноярск, 2019) научных конференциях.

Личный вклад автора. Автор принимал непосредственное участие в выборе методических подходов для решения программных вопросов, сборе экспериментальных материалов, их обработке, анализе, обобщении и апробации полученных результатов.

Публикации. По теме диссертации опубликованы 13 работ, в т.ч. 2 в изданиях, рекомендованных ВАК РФ. Получено свидетельство о регистрации базы данных.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, 6 глав, заключения, списка литературы из 335 наименований (в т.ч. 22 на иностранных языках) и 3 приложений. Материал изложен на 171 странице, содержит 29 таблиц, 28 рисунков.

1. Природно-климатические и экологические условия района исследований

Территория МО «город Екатеринбург» расположена в Зауральской холмисто-предгорной провинции в пределах южной подзоны лесной зоны (Колесников и др., 1974). Климат в районе исследований умеренно континентальный, с коротким вегетационным периодом (Кувшинова, 1968). Климатические показатели на территории города отличаются от показателей его окрестностей. Условия городской среды и существующий барьер лесопаркового кольца (15 лесных парков общей площадью 12486 га) обеспечивают более мягкий климат города (Шевелина и др., 2008).

Рельеф района исследований характеризуется как увалисто-холмистый, с отметками высот от 280 до 350 м. Распространенными почвами являются дерново-подзолистые. На территории города почвы несут следы воздействия хозяйственной деятельности: наблюдается уплотнение верхних горизонтов, слабокислая реакция, обедненность гумусом. На значительной части города распространены насыпные и перемешанные почвы и почвогрунты – урбаноземы, отличающиеся низким плодородием.

Экологическая обстановка в городе сложная. Воздух и почвы загрязнены выбросами промышленных предприятий и автомобильного транспорта.

Климатические, почвенные и экологические условия в городе, безусловно, оказывают влияние на рост древесных растений. Они совместно с особенностями создания и выращивания озеленительных посадок, определяют специфику их роста.

2. Состояние вопроса

2.1. Характеристика условий городской среды

Накоплен обширный материал, посвященный специфике климатических показателей на территории городов (Мазинг, 1984; Чистякова, 1988; Курбатова и др., 2004; Тетиор, 2008; Бухарина, Двоглазова, 2010; и др.), характеристике почв (Хазанов, 1975; Hegemeuer, 1999; Рылова, Кузнецов, 2005; Соловьева и др., 2011; Ковалева и др., 2012; Тютюнник, 2014; и др.), изучению уровней и специфики загрязнения воздуха и почвы выбросами промышленных предприятий и транспорта (Денисов, Рогалев, 2005; Суслов, 2011; Гиниятуллин, 2019; и др.), оценке влияния антропогенных факторов на растения (Илькун, 1971; Ситникова, 1990; Алексеев, 1993; Голубева, 1999; Николаевский, 1999; Неверова, Колмогорова, 2002; Залесов и др., 2014). Анализ этих работ позволяет констатировать, что условия для роста древесных растений в городе обуславливают специфические особенности их роста и развития.

2.2. Роль зеленых насаждений в условиях города

Зеленые насаждения в пределах города выполняют санитарно-гигиеническую, средоулучшающую, рекреационную и декоративную функции. Их оценке посвящены

многочисленные исследования (Кулагин, 1974; Илькун, 1978; Антипов, 1979; Vache, 1979; Николаевский, 1979; Dochinger, 1980; Токин, 1980; Осипова, Теодоронский, 1984; Мальков, 1987; Кулагин, 1994; Фролов, 1998; Глазунов, 2001; Захаров, Суховольский, 2002; Феклистов, 2004; Кулагин, 2005; Мусин и др., 2006; McPherson, 2006; Авдеева, 2007; Аткина и др., 2007; Мозолевская, 2008; Россинина, 2010; Сафронова, Аткина, 2013; Гордеев, Кулагин, 2014; Беляева, 2015).

2.3. Береза повислая в условиях городской среды

Изучению эколого-биологических особенностей березы повислой, оценке ее средозащитных функций, устойчивости и состояния в городских условиях посвящен большой объем научных работ (Кулагин, 1961; Roger, 1981; Васфилов, 1988; Неверова, 2002; Лищинская, 2003; Ковязин, Беляева, 2007; Авдеева, 2008; Блонская, Зотова, 2010; Сродных, Лисина, 2012; Меншиков и др., 2016; Артемьев, 2018; Гиниятуллин, 2019; и др.). На основе этих работ можно сделать вывод, что береза повислая обладает рядом достоинств, необходимых для деревьев озеленительных посадок (декоративность, устойчивость к засухе, морозам, загазованности воздуха, кислотности почвы).

2.4. Таксация городских насаждений

Вопросам таксации городских насаждений уделено мало внимания (Артемьев, 2001). Их инвентаризация сводится к составлению рабочего дневника, плана и паспорта объекта и определению ограниченного количества показателей растений (Артемьев, 2003; Боговая, Теодоронский, 2014). Особенности роста деревьев и древостоев в городе не вписываются в общеизвестные закономерности (Авдеева, 2008). Для повышения эффективности озеленительных мероприятий необходимо иметь актуальную и точную информацию о количественных и качественных показателях насаждений. Она может быть получена с использованием нормативов, разработанных для оценки деревьев и насаждений, произрастающих в условиях города (Шевелина, и др., 2018).

3. Программа, методика и объем выполненных работ

3.1. Программа исследований

Программа исследований разработана в соответствии с поставленными задачами и преследовала выполнение основной цели работы.

3.2. Основные положения методики исследований

Объектом исследований явились линейные озеленительные посадки березы повислой в границах муниципального образования «город Екатеринбург», различающиеся возрастом (от 6 до 85 лет) и шагом посадки (от 2,6 до 5,4 м). В них закладывались опытные участки, количество деревьев на которых в основном соответствовало их фактическому числу в соответствующих посадках. Объекты исследований размещались в разных частях города, характеризующихся различным уровнем загрязнения атмосферы и почвы.

У деревьев на опытных участках определялись следующие таксационные показатели: диаметр на высоте груди (D), высота дерева (H), протяженность кроны (L_k), диаметр проекции кроны (D_k). Санитарное состояние (KSS) оценивалось по шкале категорий санитарного состояния (Постановление..., 2017).

Для оценки точности определения диаметра ствола растущих деревьев с помощью ПИК Field-Mar и возможности использования полученных ПИК данных для составления объемных таблиц, на каждом опытном объекте механическим путем отбирались учетные деревья (каждое седьмое при перечете). У каждого учетного дерева с использованием ПИК определялись его высота и диаметр ствола на высотных отметках, на которых четко просматривался ствол от пункта наблюдения. Общее количество измерений диаметра ствола принято равным числу секций, на которые мог бы быть разделен ствол

для определения его объема при таксации срубленного дерева. Поэтому при определении объема ствол оказывался разделенным на секции разной длины: в нижней, хорошо просматриваемой части ствола, в большинстве случаев длина секций была короче одного (двух) метров, в верхней кроновой части, наоборот, длиннее.

Возраст средних модельных деревьев (3-х на каждом объекте) определялся по кернам и спилам. На каждом опытном участке для изучения листового аппарата в первой декаде августа с 7–10 учетных деревьев производился сбор листьев равномерно по окружности кроны в количестве 20 шт.

Камеральная обработка экспериментального материала производилась в соответствии с общепринятыми в лесной таксации методиками и инструкциями (Захаров, 1967; Анучин, 1982; Нагимов и др., 2013).

Объем ствола растущих деревьев определялся путем суммирования объемов секций разной длины, вычисленных на основе данных, полученных ПИК Field-Mar.

Площадь поверхности (S_k) и объем (V_k) кроны деревьев рассчитывались формулам:

$$S_k = \frac{\pi}{4} D_k \sqrt{4(L_k^2 + D_k^2)}; \quad (3.1)$$

$$V_k = \pi D_k \frac{L_k}{8}. \quad (3.2)$$

Определение линейных размеров листовых пластинок (длина, ширина) и их площади поверхности производилось методом сканирования с использованием графического редактора Adobe Photoshop CS5. Дополнительно определялся переводной (конверсионный) коэффициент листовых пластинок (k), как отношение площади листа, определенного планиметрически, к площади прямоугольника, стороны которого соответствуют длине и ширине листовой пластинки.

Для оценки стабильности развития деревьев и качества среды был использован метод, который основан на измерениях пяти морфологических параметров листа (ширина половинки листа, длина второй от основания листа жилки второго порядка, расстояние между основаниями первой и второй жилок второго порядка, расстояние между концами первой и второй жилок второго порядка, угол между главной жилкой и второй от основания листа жилкой второго порядка) с его левой и правой сторон и определении для всех этих параметров величины флуктуирующей асимметрии (Захаров и др., 2000).

При обработке экспериментальных данных, описании парных и множественных зависимостей использовались программные пакеты Statistica 10 и Microsoft Office Excel 2010. Для оценки разрабатываемых уравнений вычислялись коэффициент детерминации (R^2), стандартная ошибка (SE) и достоверность коэффициентов по критерию Стьюдента (t). Последний показатель из-за ограниченного объема в автореферате не приводится.

3.3. Объем выполненных работ

В процессе выполнения программы исследований в озеленительных посадках березы были заложены 20 опытных участков. Для установления возраста посадок на опытных участках взято 54 керны древесины и 4 спила из прикорневой части деревьев.

У 100 учетных деревьев с использованием ПИК Field-Mar измерены высота и диаметр ствола на разных высотах. Эти данные послужили экспериментальной основой при составлении таблиц объемов. Дополнительно у 24 деревьев эти показатели определялись до рубки (с помощью ПИК) и после их рубки (по общепринятой методике). Эти данные использованы для оценки точности определения таксационных показателей ствола на растущих деревьях с помощью указанного комплекса. Оценка точности разработанных таблиц объемов стволов производилась на основе данных 15 учетных деревьев (на 6 опытных участках), не использованных при составлении таблиц.

Для изучения листового аппарата березы произведен сбор 3120 листьев со 156 деревьев на 16 опытных участках. У них определены основные морфологические показатели (длина, ширина, площадь поверхности), масса, а также произведены измерения 5 указанных выше показателей, необходимых для расчета флуктуирующей асимметрии.

4. Строение и рост городских озеленительных посадок березы повислой

4.1. Дифференциация и распределение деревьев по размерам ствола и кроны

На опытных участках средние значения диаметра деревьев изменяются в диапазоне 2,1–39,1 см, высоты – 3,0–22,8 м, протяженности крон – 1,9–17,5 м, диаметра крон – 1,2–7,4 м, площади поверхности крон – 3,8–196,8 м² и объема крон – 0,9–48,3 м³.

Дифференциация деревьев по размерам ствола и кроны в городских посадках выражена в значительно меньшей степени, чем в естественных древостоях. По уменьшению степени изменчивости таксационные показатели можно расположить в следующий ряд: высота деревьев (пределы изменения коэффициента вариации на опытных участках от 3,6 до 10,3%; среднее значение – 7,9%), протяженность крон (от 7,6 до 15,6%; 11,4%), диаметр крон (от 8,2 до 17,8%; 12,1%), диаметр стволов (от 5,1 до 19,4%; 13,2%), объем крон (от 15,0 до 26,6%; 20,8%) и площадь поверхности крон (от 15,1 до 26,6%; 20,8%).

С увеличением возраста посадок дифференциация деревьев по размерам ствола и кроны закономерно уменьшается. Связь между возрастом и коэффициентами варьирования диаметра стволов ($r = -0,50 \pm 0,167$), протяженности ($r = -0,47 \pm 0,183$), площади поверхности ($r = -0,46 \pm 0,176$) и объема ($r = -0,49 \pm 0,170$) крон умеренная; между возрастом и коэффициентом варьирования высоты стволов ($r = -0,57 \pm 0,152$) значительная, а между возрастом и коэффициентом варьирования диаметра крон ($r = -0,28 \pm 0,206$) слабая. При одинаковом возрасте изменчивость таксационных показателей уменьшается с увеличением шага посадки. С учетом характера зависимости коэффициентов варьирования диаметра стволов (CV_D), диаметра крон (CV_{Dk}), их площади поверхности (CV_{Sk}) и объема (CV_{Vk}) от возраста (A) и шага посадки (B) получены следующее уравнения:

$$CV_D = 28,4 - 0,121A - 2,28B, \quad R^2=0,460; \quad (4.1)$$

$$CV_{Dk} = 23,5 - 0,054A - 2,13B, \quad R^2=0,429; \quad (4.2)$$

$$CV_{Sk} = 34,4 - 0,045A - 5,40B, \quad R^2=0,268; \quad (4.3)$$

$$CV_{Vk} = 34,3 - 0,048A - 5,45B, \quad R^2=0,300. \quad (4.4)$$

Уравнения (4.1–4.4), несмотря на сравнительно невысокие значения R^2 , достаточно корректно передают характер рассматриваемых зависимостей. Уменьшение варьирования рассматриваемых показателей с увеличением шага посадки связано со снижением конкуренции между деревьями при более редком их размещении.

Дифференциация деревьев по параметрам ствола и кроны в озеленительных посадках заметно снижается с ухудшением их санитарного состояния (рис. 4.1).

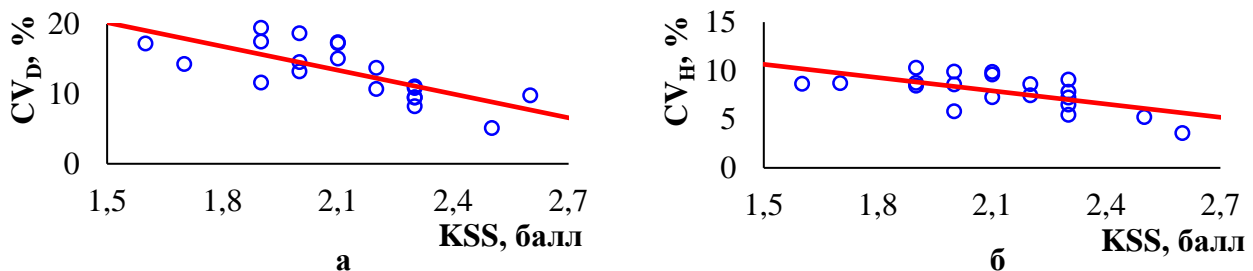


Рисунок 4.1 – Зависимости коэффициентов вариации диаметра (а) и высоты (б) деревьев от их санитарного состояния

Между коэффициентами варьирования таксационных показателей и средними баллами санитарного состояния деревьев наблюдаются обратные линейные связи. Причем наиболее тесно с баллом санитарного состояния связан коэффициент варьирования диаметра стволов ($r = -0,72 \pm 0,107$), а наименее – коэффициент варьирования объема крон ($r = -0,53 \pm 0,161$).

Ряды распределения деревьев по диаметру и высоте в озеленительных посадках по сравнению с соответствующими рядами естественных древостоев имеют следующие отличительные особенности: а) более короткий диапазон изменения диаметров и высот (почти в два раза); б) менее выраженную положительную асимметрию (для рядов распределения диаметров коэффициент асимметрии составляет от $-0,40$ до $+0,53$, а для рядов распределения высот – от $-0,71$ до $+0,49$); в) более выраженную плосковершинность (для рядов распределения диаметров коэффициент эксцесса составляет от $-1,56$ до $-0,35$, а для рядов распределения высот – от $-1,12$ до $+0,39$).

Эти особенности, на наш взгляд, связаны, во-первых, с использованием при создании озеленительных посадок достаточно однородного в генетическом отношении посадочного материала, во-вторых – значительно меньшей конкуренцией между деревьями вследствие их равномерного и редкого размещения, и в третьих – условиями произрастания деревьев в городской среде. В частности, биологический потенциал роста деревьев при ухудшении качества среды реализуются в меньшей степени. Это при прочих равных условиях сдерживает достижение деревьями более крупных размеров и укорачивает диапазон варьирования показателей.

Для выбора математических функций, наилучшим образом описывающих ряды распределения диаметров и высот, производилась аппроксимация их различными уравнениями. Выбор наилучшего из них производилась на основе критериев согласия Пирсона χ^2 . В результате установлено, что наиболее универсальной для описания эмпирических рядов распределения деревьев по диаметру и высоте является функция Вейбулла.

4.2. Взаимосвязи таксационных показателей деревьев

Результаты исследований взаимосвязей между таксационными и морфологическими показателями деревьев и разработанные в ходе их уравнения необходимы для решения вопросов инвентаризации городских посадок.

На рис. 4.2 показаны зависимости высоты деревьев от их диаметра на опытных участках №1 и №2. Графические данные свидетельствуют, что они корректно передаются прямой линией. Подобные результаты получены и на остальных участках. Прямолинейный характер зависимостей свидетельствует, что между деревьями в озеленительных посадках наблюдается слабый уровень конкурентных отношений (Юкнис, 1983).

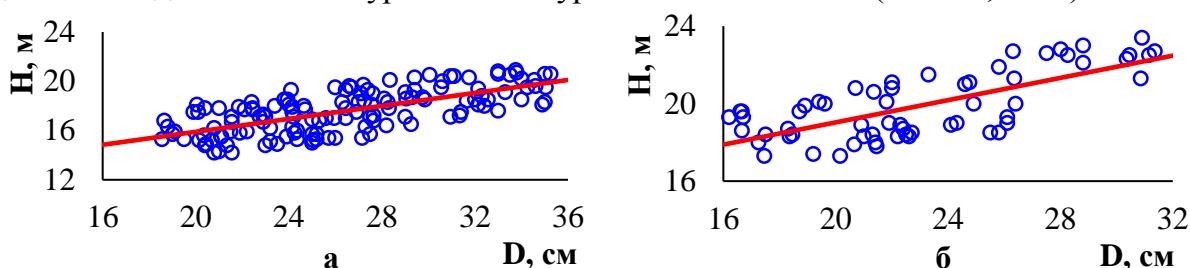


Рисунок 4.2 – Зависимость высоты деревьев от их диаметра на опытных участках №1 (а) и №2 (б)

Значительный интерес вызывает степень согласованности соотношений среднего диаметра и средней высоты деревьев в озеленительных посадках с данными разрядной шкалы сомкнутых естественных древостоев. Для изучения этого вопроса с использованием соответствующих статистических процедур разработано уравнение, передающее

зависимость средних высот озеленительных посадок от их средних диаметров:

$$H = 1,767D^{0,686}; \quad R^2 = 0,909. \quad (4.5)$$

Статистические показатели уравнения (4.5) достоверны на 5%-м уровне значимости. Значение коэффициента детерминации свидетельствуют, что оно адекватно и корректно описывает исследуемую зависимость.

На рис. 4.3 показано сопоставление линии регрессии, полученной по уравнению (4.5) с кривой, передающей соотношение средних высот и диаметров сомкнутых естественных древостоев березы V разряда высот по Л.А. Лысову (1984).

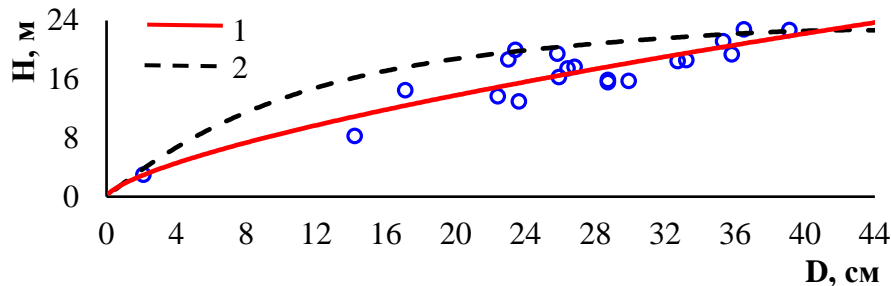


Рисунок 4.3 – Соотношение между диаметрами и высотами деревьев березы: 1 – в озеленительных посадках; 2 – по V разряду высот сомкнутых древостоев

Как видно из данных рис. 4.3, соотношение средних диаметров и высот озеленительных посадок не укладывается в рамки разрядной шкалы естественных березняков (V разряд высот – низший в таблицах Л.А. Лысова) и резко отличается по своему характеру. Таким образом, приведенные выше материалы свидетельствуют, что при оценочных работах в городских озеленительных посадках березы не корректно применение разрядной шкалы, объемных и сортиментных таблиц, составленных для сомкнутых естественных древостоев данной породы.

Тесные корреляционные зависимости наблюдаются между средними значениями линейных размеров ствола и кроны. Наиболее точно зависимость диаметра кроны от диаметра ствола передает следующее уравнение:

$$D_k = 0,793D^{0,601}; \quad R^2 = 0,934. \quad (4.6)$$

Зависимость длины кроны от высоты деревьев, в отличие от рассмотренной выше, прямолинейна. Она достаточно корректно описывается уравнением:

$$L_k = 0,715H + 0,63; \quad R^2 = 0,894. \quad (4.7)$$

Статистические показатели уравнения (4.6) и (4.7) достоверны на 5%-м уровне значимости. Значения коэффициента детерминации свидетельствуют об их адекватности и корректности экспериментальным данным.

Распределение деревьев на исследуемых участках по показателю относительной высоты $H:D$ показало, что у подавляющего большинства из них (82,1%) этот показатель колеблется от 51 до 80. Известно, что в сомкнутых естественных древостоях $H:D$ у преобладающего числа деревьев превышает 80 (Pretzsch, 2009). Причем, амплитуда значений $H:D$ зависит от степени дифференциации деревьев. Коэффициент корреляции между относительной высотой деревьев и коэффициентом вариации их диаметров составляет $0,51 \pm 0,171$. Наблюдается достаточно четкая зависимость значений $H:D$ от шага посадки (рис. 4.4).

Графические данные свидетельствуют о закономерном снижении значений $H:D$ с увеличением шага посадки. Представленная на рис. 4.4 зависимость наиболее точно описывается логарифмическим уравнением:

$$H:D = 129,8 - 46,535 \ln(B); \quad R^2 = 0,770 \quad (4.8)$$

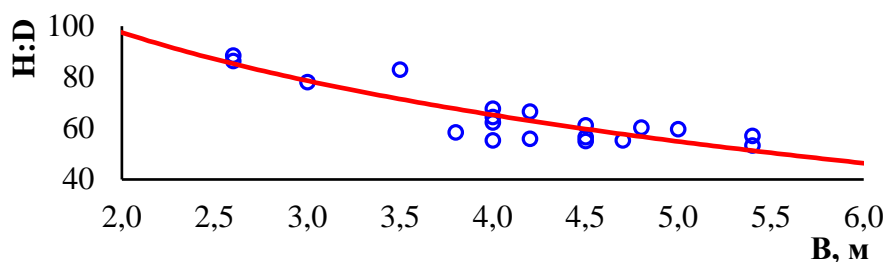


Рисунок 4.4 – Зависимость относительной высоты деревьев от шага посадки

На основе табулирования уравнения (4.8) получены значения относительной высоты в зависимости от шага посадки (табл. 4.1).

Таблица 4.1 – Значения H:D в зависимости от шага посадки в посадках березы повислой

Шаг посадки, м	1	2	3	4	5	6
Относительная высота	130	98	79	65	55	46

Известно, что конкурентные взаимоотношения между деревьями становятся опасными для их существования, когда относительные высоты переходят за 100 (Кузьмичев, 2013). В исследуемых посадках более 97% деревьев березы не достигли этого значения. Причем критичные условия для их жизнедеятельности могут создаваться при шаге посадки менее 2 м (табл. 4.1). Таким образом, при создании в городе озеленительных посадок из березы шаг посадки должен составлять не менее 3 м.

4.3. Особенности роста деревьев

Эффективность ведения зеленого хозяйства в городах во многом зависит от степени изученности закономерностей роста деревьев в озеленительных посадках.

Согласно бонитировочной шкале М.М. Орлова посадки березы на всех опытных участках характеризуются достаточно высоким классом бонитета, в среднем по всему массиву экспериментальных данных он составляет $I,6 \pm 0,11$ (рис. 4.5).

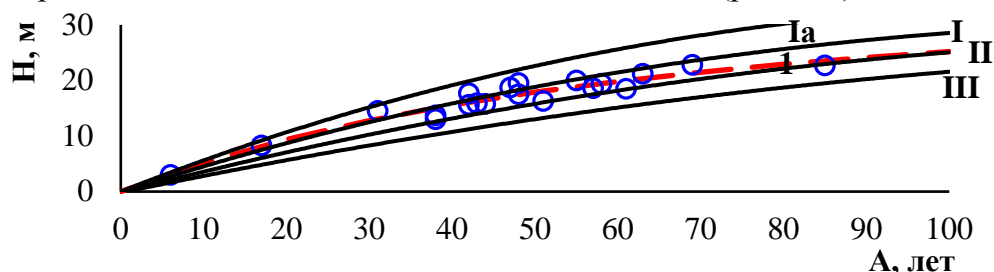


Рисунок 4.5 –Ход роста по высоте исследуемых озеленительных посадок: Ia–III – линии соответствующих классов бонитета по шкале М.М. Орлова; 1 (— —) – линия возрастной динамики высот в озеленительных посадках.

Характер возрастной динамики средних высот озеленительных посадок отличается от изменений высот, представленных в общепонитировочной шкале. С увеличением возраста в озеленительных посадках происходит понижение класса бонитета. Отмечается тенденция снижения класса бонитета с ухудшением условий среды – средние высоты деревьев на объектах с более высокими техногенными нагрузками заметно ниже.

Исследование зависимостей таксационных показателей озеленительных посадок от их возраста производилось графоаналитическим способом. При описании возрастной динамики высоты и диаметра посадок испытывались функции Теразаки, Ассманна и Корсуня. На основе анализа соответствующих статистических показателей (коэффициента детерминации, критерия Фишера и среднеквадратической ошибки) предпочтение нами отдано функции Корсуня:

$$H(D) = A^2 / (a + b \cdot A + c \cdot A^2). \quad (4.9)$$

С использованием массива экспериментальных данных получены следующие уравнения, характеризующие возрастную динамику средних высот и диаметров:

$$H = A^2 / (1,680 + 1,564A + 0,024A^2), \quad R^2 = 0,931; \quad (4.10)$$

$$D = A^2 / (2,814 + 1,095A + 0,012A^2), \quad R^2 = 0,881. \quad (4.11)$$

С учетом характера зависимости видовой высоты деревьев (H_f) от их высоты разработано следующее уравнение:

$$H_f = 0,277H + 1,85, \quad R^2 = 0,733. \quad (4.12)$$

Статистические показатели уравнений (4.10–4.12) достоверны на 5% уровне значимости. Значения коэффициентов детерминации свидетельствуют об их адекватности и корректности экспериментальным данным. На основе их табулирования получены искомые показатели, которые приведены в табл. 4.2.

Возрастная динамика среднего объема деревьев (V) выявлялась на основе полученных по уравнениям исходных данных по известной формуле:

$$V = GH_f, \quad (4.13)$$

где G – площадь поперечного сечения среднего дерева на высоте груди, m^2 .

Таблицы возрастной динамики таксационных показателей деревьев озеленительных посадок целесообразно дополнить данными о параметрах крон. Развитие крон во многом определяют санитарно-гигиенические, экологические и эстетические функции городских насаждений. Для оценки возрастной динамики параметров крон в исследуемых посадках использована система регрессионных уравнений:

$$\left. \begin{array}{l} \text{I. } S_k = f(L_k, D_k); V_k = f(L_k, D_k); \\ \text{II. } D_k = f(D); L_k = f(H); \\ \text{III. } D = f(A); H = f(A). \end{array} \right\} \quad (4.14)$$

В этой системе независимые переменные уравнений I-го уровня являются зависимыми в уравнениях II-го, а независимые переменные уравнений II-го уровня – зависимыми в уравнениях III-го. Характеристики уравнений II-го уровня приведены в разделе 4.2, а формулы I-го уровня – разделе 3.2.

На основе табулирования уравнений системы (4.14), получены искомые таксационные показатели, которые представлены в табл. 4.2. Их анализ показывает, что за исследуемый период темпы увеличения исследуемых параметров крон существенно различаются. Так, среднее значение диаметра крон возрастает в 3,0 раза, протяженности – в 4,4 раза, площади поверхности – в 12,5 раза и объема крон – в 13,5 раза.

Таблица 4.2 – Возрастная динамика таксационных показателей стволов и крон деревьев в озеленительных посадках березы повислой

Возраст, лет	Высота, м	Диаметр, см	Видовое число	Объем ствола, m^3	Изменение объема ствола, m^3		Параметры крон			
					среднее	текущее	длина, м	диаметр, м	площадь поверхности, m^2	объем, m^3
10	5,1	6,7	0,686	0,0123	0,0012	–	4,4	2,5	19,8	4,3
20	9,4	13,6	0,492	0,0671	0,0034	0,0054	7,6	3,8	51,0	11,4
30	12,8	19,4	0,430	0,1629	0,0054	0,0095	10,2	4,7	82,9	18,8
40	15,6	24,4	0,400	0,2919	0,0073	0,0129	12,3	5,4	113,7	26,0
50	17,9	28,6	0,382	0,4396	0,0088	0,0148	14,0	5,9	141,7	32,6
60	19,8	32,3	0,371	0,6014	0,0100	0,0162	15,4	6,4	167,3	38,6
70	21,5	35,6	0,362	0,7748	0,0111	0,0173	16,6	6,8	191,4	44,3
80	22,9	38,4	0,356	0,9438	0,0118	0,0169	17,7	7,1	212,4	49,3
90	24,1	41,0	0,351	1,1174	0,0131	0,0174	18,6	7,4	231,8	53,9
100	25,2	43,2	0,347	1,2827	0,0128	0,0165	19,4	7,6	249,4	58,0

Следует отметить, что в специальной литературе нам не удалось найти материалов по возрастной динамике таксационных показателей стволов и крон березы в озеленительных посадках. В этом отношении разработанная таблица является оригинальной. На ее основе можно произвести объективную оценку закономерностей роста деревьев березы и прогнозировать их возрастные изменения в городских условиях.

Для выявления особенностей роста березы в городских озеленительных посадках производилось сопоставление полученных нами данных с данными из таблиц хода роста сомкнутых естественных березняков Среднего Урала (Лысов, 1984). Для сравнения подобраны древостои березы, наиболее близкие к исследуемым посадкам по возрастной динамике средних высот, то есть по классу бонитета.

Выявляется, что на протяжении всего исследуемого возрастного периода городские посадки и естественные древостои, несмотря на близкие средние высоты, существенно отличаются по диаметру. Относительные расхождения по этому показателю в пользу озеленительных посадок с увеличением возраста повышаются, достигают максимума в 20–25 лет (около 46%), а затем закономерно снижаются (до 41 % в 100-летнем возрасте).

Значительные различия между сравниваемыми объектами наблюдаются и по полндревесности стволов. В одинаковом возрасте деревья березы в озеленительных посадках отличаются существенно меньшими значениями видовых чисел. С увеличением возраста различия по этому показателю закономерно возрастают – с 14,0% до 28,2%.

При одинаковых значениях возраста и высоты деревья березы на исследуемых объектах имеют значительно больший объем, чем в естественных древостоях. Таким образом, в озеленительных посадках в величине объема стволов более низкие значения старого видового числа с избытком компенсируются за счет возрастания их диаметров.

Особенностью хода роста деревьев березы по диаметру, высоте и объему в озеленительных посадках является замедление процесса падения с возрастом интенсивности прироста этих показателей по сравнению с аналогичным процессом в естественных насаждениях. В условиях города этот процесс более растянут по времени.

В целом результаты данных исследований дают основание считать озеленительные посадки в городской черте специфическим объектом таксации.

5. Таблицы объемов стволов березы повислой

5.1. Оценка возможности применения программно-измерительного комплекса на базе ГИС Field-Mar для определения объема стволов растущих деревьев

Для оценки точности определения таксационных показателей ствола с помощью ПИК произведено сопоставление соответствующих данных, полученных ПИК на 24 растущих деревьях с результатами таксации после их рубки. Вначале производилось сопоставление образующих стволов учетных деревьев, построенных по данным измерения диаметров ПИК и с использованием методики таксации срубленных деревьев. Данное сопоставление на примере учетного дерева №1-2 (порода – береза, возраст – 60 лет, диаметр – 21,1 см, высота – 21,13 м) показано на рис. 5.1.

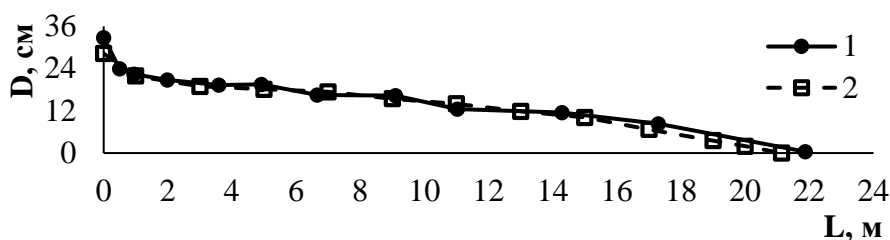


Рисунок 5.1 – Образующие ствола, построенные по данным:

1 – программно-измерительного комплекса, 2 – таксации срубленного дерева

Изображенные на данном рисунке образующие ствола близки по форме. Их положения и взаимные пересечения на разных высотах ствола свидетельствуют об отсутствии грубых систематических отклонений. Подобные результаты фиксируются при анализе графиков по другим учетным деревьям. Таким образом, результаты измерения диаметров ствола ПИК дают достаточно точное представление о его форме и сбеге.

Известно, что точность определения объема ствола дерева главным образом зависит от точности измерения его диаметра на различных высотных отметках (Захаров, 1967). В этой связи были определены ошибки измерения ПИК этого показателя на относительных высотах $1/4$ ($D_{1/4}$), $1/2$ ($D_{1/2}$) и $3/4$ ($D_{3/4}$) высоты дерева. Далее произведена оценка точности определения ПИК объемов стволов. Для этого у каждого учетного дерева данный показатель вычислялся следующими тремя способами: по секциям на основе измеренных ПИК диаметров, по специальной функции ПИК и по секционной формуле Губера после рубки деревьев. Ошибки определения различных таксационных показателей с использованием ПИК сведены в табл. 5.1.

Таблица 5.1 – Ошибки измерений таксационных показателей деревьев с помощью ПИК

Показатели	Ошибки измерений, %		
	систематическая	среднеквадратическая	общая
$D_{1/4}$	-1,17	$\pm 4,38$	$\pm 0,93$
$D_{1/2}$	-3,65	$\pm 7,55$	$\pm 1,58$
$D_{3/4}$	0,36	$\pm 11,82$	$\pm 2,52$
H	-1,02	$\pm 3,06$	$\pm 0,65$
V по секциям с помощью ПИК	-2,83	$\pm 6,54$	$\pm 1,33$
V по функции ПИК	-5,22	$\pm 10,11$	$\pm 2,07$

Из данных в табл. 5.1 видно, что среднеквадратическая ошибка измерений диаметра возрастает при продвижении вверх по стволу. Это связано с условиями визирования, которые заметно ухудшаются в прикромной части ствола. Точность измерения диаметра ствола в нижней его половине, объем которой составляет более 70% от общего, соответствует строгим требованиям.

Объем стволов заметно точнее определяется способом суммирования объемов секций, на которые может быть разделен ствол по результатам измерения диаметров ПИК. Поэтому этот способ использован нами при составлении таблиц объемов стволов.

5.2. Разработка таблиц объемов стволов березы повислой

В нашей стране при таксации лесных насаждений наибольшее распространение получили таблицы объемов стволов, составленные по разрядам высот. Результаты наших исследований показали, что соотношение диаметров и высот деревьев березы в городских посадках не укладывается в рамки разрядной шкалы естественных березняков и резко отличается по своему характеру. Поэтому при составлении таблиц объемов стволов для городских насаждений следует разработать отдельную разрядную шкалу или выбрать другой метод построения норматива.

При ведении работ по озеленению и благоустройству в основном приходится оценивать небольшие по объему выборки деревьев. Известно, что наиболее выдержанными в теоретическом и методическом отношениях и обеспечивающими лучшие результаты при таксации небольших по объему выборок деревьев являются таблицы объемов с тремя входами: диаметром на высоте груди, высотой и коэффициентом формы q_2 . Такие таблицы наиболее перспективны при ведении зеленого хозяйства.

Выявлено, что значения q_2 на исследуемых объектах колеблются в достаточно широком диапазоне от 0,352 до 0,730. Поэтому для повышения точности таблицы составлялись для высшего (q_2 изменяется от 0,61 до 0,73), среднего (от 0,51 до 0,60) и низшего

(от 0,35 до 0,50) коэффициентов формы.

На этапе составления таблиц с учетом характера зависимости объема стволов березы от их диаметра, высоты и коэффициента формы q_2 , как базовая модель выбрано следующее уравнение множественной регрессии:

$$V = f(H, D^2, D^2H, q_2). \quad (5.1)$$

С использованием программы Statistica 10 разрабатывались уравнения с разными наборами переменных. Лучшим по значениям коэффициента детерминации и t-критериев Стьюдента оказалось следующее уравнение:

$$V = 2,5 \cdot 10^{-5} D^2 H + 0,130 q_2, \quad R^2 = 0,953. \quad (5.2)$$

В уравнении (5.2) коэффициенты для переменных D^2H и q_2 в высшей степени достоверны. Совокупность их объясняет более 95% варьирования объема стволов. Таким образом, статистические показатели уравнения (5.2) позволяют констатировать его адекватность и корректность экспериментальным материалам.

С использованием уравнения (5.2) разработаны три таблицы объемов стволов березы с учетом значений коэффициента формы q_2 .

5.3. Оценка точности таблиц объемов стволов березы повислой

Оценка точности (верификация) разработанных таблиц производилась на основе данных 15 учетных деревьев. Ошибки, полученные в результате сопоставления объемов стволов, определенных по таблицам автора и Л.А. Лысова, с объемами («истинными») учетных деревьев представлены в табл. 5.2.

Таблица 5.2. Ошибки определения объема стволов деревьев березы повислой по различным таблицам

Таблицы объемов	Ошибки, %	
	среднеквадратическая	общая
Л.А. Лысова	±20,8	±5,4
Автора	±12,1	±3,1

Анализируя данные табл. 5.2 следует отметить, что разработанные нами таблицы по сравнению с таблицами для естественных насаждений обеспечивают значительно меньшие величины (почти в два раза) среднеквадратической и общей ошибок. В целом точность наших таблиц находится в пределах принятой в лесохозяйственной практике. Они могут быть рекомендованы для применения на производстве при ведении зеленого хозяйства. Таблицы же объемов, составленные для естественных насаждений, не пригодны для использования в городских условиях.

6. Состояние озеленительных посадок березы повислой

6.1. Морфологические показатели листовых пластинок

На опытных участках средние значения длины листовых пластинок (LL) колеблются в диапазоне от 5,6 до 6,0 см, ширины (LB) – от 4,3 до 4,9 см, площади поверхности (LA) – от 14,1 до 17,9 см², переводного коэффициента – от 0,584 до 0,609.

По уменьшению степени изменчивости морфологические показатели листьев располагаются в следующий ряд: переводной коэффициент (пределы изменения коэффициента вариации на опытных участках от 5,2 до 12,6%), длина (от 9,1 до 14,4%), ширина (от 8,7 до 15,4%) и площадь поверхности (от 14,1 до 28,9%).

Между линейными размерами листьев и баллами санитарного состояния деревьев на исследуемых объектах наблюдаются обратные линейные связи (рис. 6.1). Причем с баллом санитарного состояния ширина листовых пластинок связана более тесно ($r = -0,72 \pm 0,107$), чем их длина ($r = -0,53 \pm 0,161$). Коэффициента корреляции между

площадью листовых пластинок и баллом санитарного состояния деревьев составляет $-0,67 \pm 0,138$. Таким образом, увеличение размеров листьев свидетельствует об улучшении санитарного состояния деревьев.

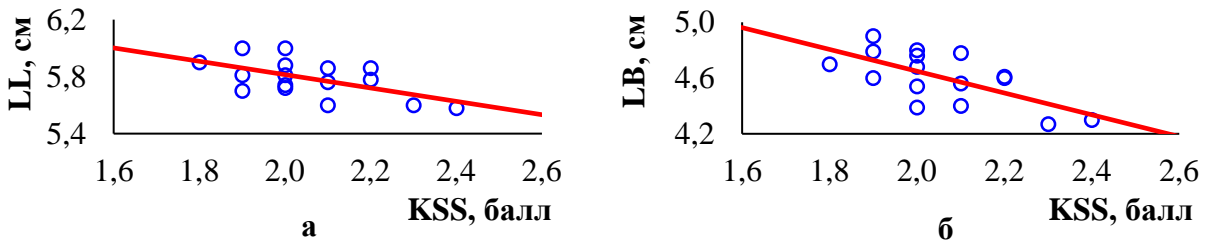


Рисунок 6.1 – Зависимости длины (а) и ширины (б) листовых пластинок деревьев березы повислой от их санитарного состояния

Переводной коэффициент k закономерно увеличивается с улучшением санитарного состояния деревьев (рис. 6.2а). Связь его с баллом санитарного состояния значительная ($r = -0,67 \pm 0,138$). Таким образом, с улучшением жизненного состояния деревьев изменение формы листовых пластинок происходит в направлении увеличения их площади при одинаковых линейных размерах (длине и ширине).

Между переводным коэффициентом k и площадью поверхности листовых пластинок наблюдается очень тесная связь (рис. 6.2б). С увеличением первого показателя второй закономерно возрастает. Причем, коэффициент k объясняет более 70% изменчивости площади листовых пластинок. Данное обстоятельство открывает возможность определения площади поверхности листьев на основе данного коэффициента.

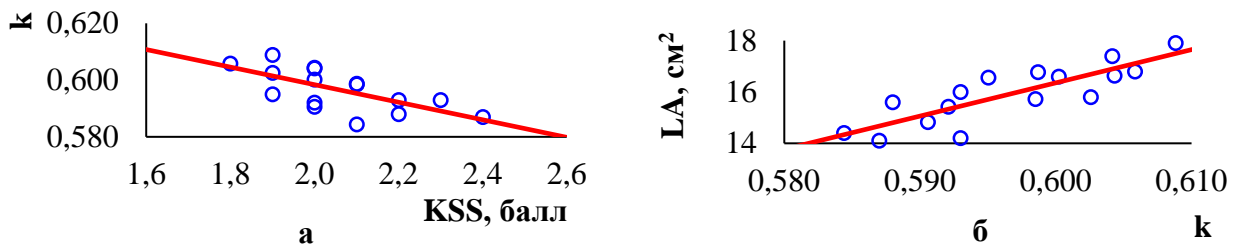


Рисунок 6.2 – Зависимости переводного коэффициента от санитарного состояния деревьев (а) и площади листовых пластинок от переводного коэффициента (б)

Установлено, что средние значения массы листовых пластинок на исследуемых участках изменяются в диапазоне от 0,23 до 0,30 г. Этот показатель закономерно уменьшается с ухудшением санитарного состояния деревьев (рис. 6.3а) и уменьшением площади поверхности листьев (рис. 6,2б).

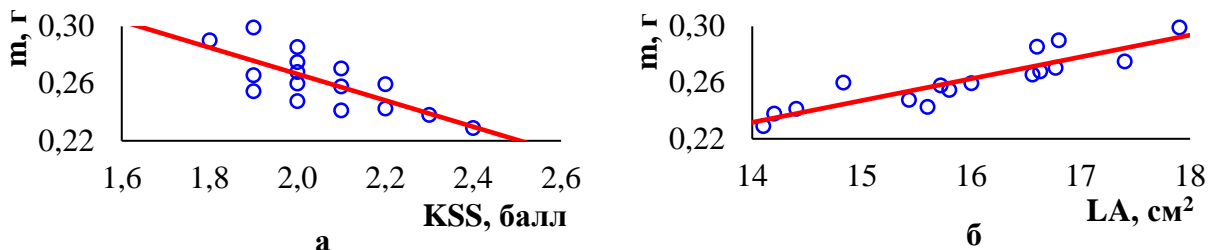


Рисунок 6.3 – Зависимости массы листовых пластинок березы повислой от категории санитарного состояния деревьев (а) и площади листовых пластинок (б)

Таким образом, длина, ширина, форма и масса листовых пластинок деревьев березы повислой в озеленительных посадках г. Екатеринбурга характеризуются сравнительно небольшой изменчивостью. В то же время наблюдается достаточно четко выраженная зависимость данных показателей от санитарного состояния деревьев.

6.2. Оценка состояния озеленительных посадок с использованием показателя флуктуирующей асимметрии листовых пластинок

При оценке состояния городских насаждений большое внимание уделяется анализу листового аппарата. Отмечается не только изменение его морфологических параметров, но и флуктуация в зависимости от степени загрязнения среды.

Изучение флуктуирующей асимметрии листьев березы повислой, выраженной интегральным показателем стабильности (A_{cp}), показало, что на объектах с различными уровнями техногенных нагрузок, его величина в большинстве случаев достоверно различается. Средние значения показателя стабильности развития деревьев на исследуемых участках изменяются в диапазоне от 0,039 до 0,058. Они корректно укладываются в рамки шкалы оценки отклонений состояния организма от условной нормы (Захаров и др., 2000). Показатель стабильности развития деревьев характеризуется высокой изменчивостью: рассчитанные коэффициенты вариации данного показателя на опытных участках изменяются в диапазоне от 41,3 до 60,8%.

Наблюдается закономерное увеличение показателя стабильности развития деревьев с ухудшением их санитарного состояния. Указанная зависимость корректно описывается линейным уравнением (рис. 6.4).

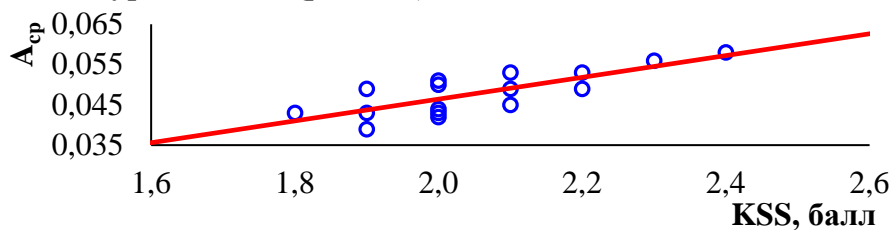


Рисунок 6.4 – Зависимость показателя стабильности развития деревьев от их категории санитарного состояния

Качество среды на наших объектах различно. Оно, согласно указанной выше шкале, меняется от условно нормального состояния до критического. Причем из общего числа исследованных посадок только 6% свойственно условно нормальное состояние деревьев и окружающей среды. Состояниями деревьев и среды, незначительно отличающимися от нормы, характеризуются 31% посадок, средним уровнем отклонений – 25% посадок, значительно отклоняющимися от нормы – 25% посадок. Состояние деревьев и среды 13% озеленительных посадок критическое.

Заключение

Проведенные исследования позволяют сделать следующие обобщения и выводы.

В озеленительных посадках города дифференциация деревьев березы повислой по размерам стволов и крон выражена в значительно меньшей степени, чем в сомкнутых естественных древостоях. Это является косвенным показателем их меньшей стабильности и устойчивости. Изменчивость таксационных показателей деревьев при прочих равных условиях уменьшается с увеличением их возраста, увеличением шага посадки и ухудшением санитарного состояния зеленых насаждений.

Отличительными особенностями рядов распределения деревьев по диаметру и высоте в озеленительных посадках являются более короткий диапазон изменения этих показателей (почти в два раза по сравнению с сомкнутыми естественными древостоями), менее выраженная положительная асимметрия и более выраженная плосковершинность. Взаимосвязи между различными таксационными показателями деревьев в озеленительных посадках в основном носят прямолинейный характер, что свидетельствует об отсутствии значимой конкуренции между растениями.

Анализ значений относительной высоты показывает, что у 97% деревьев они меньше критической величины и степень конкурентных взаимоотношений между деревьями в озеленительных посадках не представляет опасности для их существования.

Отличительные особенности строения городских посадок, на наш взгляд, связаны, во-первых, с использованием при их создании достаточно однородного в генетическом отношении посадочного материала, во-вторых – значительно меньшей конкуренцией между деревьями вследствие их равномерного и редкого размещения, и в-третьих – условиями произрастания деревьев в городской среде. В частности, биологический потенциал роста деревьев при ухудшении качества среды реализуются в меньшей степени. Это при прочих равных условиях сдерживает достижение деревьями более крупных размеров и укорачивает диапазон варьирования показателей.

Возрастная динамика средней высоты в озеленительных посадках отличается от характера изменения высот в общепониманной шкале М.М. Орлова: с увеличением возраста происходит понижение класса бонитета. Наблюдается тенденция снижения класса бонитета с повышением техногенных нагрузок. Особенностью хода роста деревьев березы по диаметру, высоте и объему в озеленительных посадках является замедление процесса падения с возрастом интенсивности прироста этих показателей по сравнению с аналогичным процессом в естественных сомкнутых насаждениях.

В озеленительных посадках по сравнению с естественными древостоями формируются менее полнодревесные стволы, характеризующиеся при одинаковых значениях высоты и возраста существенно большими значениями диаметра и объема. Следовательно, в посадках в величине объема стволов меньшая полнодревесность с избытком компенсируется за счет возрастания их диаметра.

В целом, результаты исследований строения и роста озеленительных посадок дают основание считать их специфическим объектом таксации, требующим разработки для них специальной нормативной базы.

ПИК Field-Map позволяет оперативно и точно определить высоту и диаметры ствола растущих деревьев. На основе этих показателей секционным способом с достаточной точностью определяется его объем. Это открывает возможности составления таблиц объема стволов для объектов озеленения, в которых запрещена рубка модельных деревьев.

Соотношения диаметров и высот деревьев березы в городских озеленительных посадках не укладываются в рамки разрядной шкалы естественных березняков и резко отличаются по своему характеру. В то же время применение таблиц объемов, составленных по разрядам высот, при таксации отдельных деревьев или небольшого их количества, что имеет место при ведении работ по озеленению и благоустройству территорий населенных пунктов, может сопровождаться значительными ошибками.

Наиболее выдержанными в теоретическом и методическом отношениях и обеспечивающими лучшие результаты при таксации небольших по объему выборок деревьев являются таблицы объемов с тремя входами: диаметром на высоте груди, высотой и коэффициентом формы q_2 . Такие таблицы более перспективны при ведении зеленого хозяйства. Причем, процедура составления таблиц объемов стволов успешно решается на основе разработки многофакторных уравнений. Совокупное использование в уравнениях трех переменных (диаметра, высоты и коэффициента формы q_2), объясняет более 95% изменчивости объемов. Разработанные таблицы, учитывающие специфику роста деревьев в озеленительных посадках города, обеспечивают значительно большую точность, чем таблицы объемов, составленные для естественных древостоев.

Линейные размеры (длина и ширина), форма, площадь и масса листовых пластинок

деревьев березы повислой в озеленительных посадках г. Екатеринбурга характеризуются сравнительно небольшой изменчивостью. Наблюдаются достаточно четко выраженные зависимости морфологических показателей и массы листовых пластинок от санитарного состояния деревьев. С улучшением состояния деревьев увеличиваются длина, ширина, площадь, масса и переводной коэффициент к листовых пластинок. С улучшением жизненного состояния деревьев изменение формы листовых пластинок происходит в направлении увеличения их площади при одинаковых линейных размерах.

Наблюдается закономерное увеличение показателя стабильности развития деревьев с ухудшением их санитарного состояния. Интегральный показатель флуктуирующей асимметрии листовых пластинок позволяет объективно оценить состояние городских посадок и качество среды, в которой они находятся, и выделить на территории города зоны с различным уровнем техногенных, рекреационных и других нагрузок.

В целом полученные количественные и качественные характеристики посадок березы, разработанные нормативы и регрессионные уравнения могут быть использованы при разработке планов озеленения городских территорий, проведении инвентаризации озеленительных посадок и проектировании в них хозяйственных мероприятий.

По результатам исследований для городского зеленого хозяйства подготовлены:

1. Таблицы возрастной динамики таксационных показателей стволов и крон деревьев березы в озеленительных посадках.
2. Трехвходовые (диаметр, высота, коэффициент формы) таблицы объемов стволов, составленные для трех категорий деревьев березы по форме ствола (сбежистых, среднесбежистых и малосбежистых).
3. Регрессионные уравнения взаимосвязей таксационных и морфологических показателей.

Список работ, опубликованных по теме диссертации

Публикации в изданиях из перечня ВАК РФ:

1. Шевелина, И.В. Оценка возможности применения программно-измерительного комплекса на базе ГИС Field-Map при разработке таблиц объемов стволов в городских условиях / И.В. Шевелина, А.В. Суслов, **Д.Н. Нуриев**, З.Я. Нагимов, А.Н. Марковцева, И.С. Дунаев // Успехи современного естествознания. – 2018. – №1. – С. 62-67.
2. **Нуриев, Д.Н.** Разработка таблиц объемов стволов березы для озеленительных посадок г. Екатеринбурга на основе данных, полученных программно-измерительным комплексом Field-Map / Д.Н. Нуриев, И.В. Шевелина, З.Я. Нагимов // Успехи современного естествознания. – 2018. – №11. – С. 54-60.

Публикации в иных изданиях:

3. **Нуриев, Д.Н.** Информационные технологии для определения площадных и линейных размеров ассимиляционного аппарата растений / Д.Н. Нуриев, И.В. Шевелина // Научное творчество молодежи – лесному комплексу России: матер. XII Всерос. науч.-техн. конф. – Ч. 2. – Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2016. – С. 114-117.
4. **Нуриев, Д.Н.** Особенности варьирования высот озеленительных посадок березы повислой города Екатеринбурга / Д.Н. Нуриев, И.В. Шевелина, К.Д. Нещеретов // Worlds Science: Problems and Innovations: сб. ст. V Междунар. науч.-практ. конф. – Пенза: Наука и Просвещение, 2016. – С. 151-153.
5. **Нуриев, Д.Н.** Особенности распределения диаметров озеленительных посадок березы повислой в условиях города Екатеринбурга [Электронный ресурс] / Д.Н. Нуриев, И.В. Шевелина // «Студенческий научный форум 2017»: матер. IX Междунар. студ. электрон. науч. конф. – М.: ПАЕ, 2017. – URL: <http://scienceforum.ru/2017/2438/26632>.

6. **Нуриев, Д.Н.** Особенности показателя H/D озеленительных посадок березы повислой в условиях Екатеринбурга / Д.Н. Нуриев, И.В. Шевелина, В.Г. Пак // 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. 215-219.

7. **Нуриев, Д.Н.** Изменение морфологических параметров листа березы повислой в вертикальном профиле кроны / Д.Н. Нуриев // European Research: сб. ст. XIII Междунар. науч.-практ. конф. – Пенза: Наука и Просвещение, 2017. – С. 171-173.

8. **Нуриев, Д.Н.** Распределение высот деревьев березы повислой в городских озеленительных посадках города Екатеринбурга [Электронный ресурс] / Д.Н. Нуриев, И.В. Шевелина, И.С. Дунаев, М.И. Касумов // «Студенческий научный форум 2018»: матер. X Междунар. студ. электрон. науч. конф. – М.: РАЕ, 2018. – URL: <https://science-forum.ru/2018/2995/3233>.

9. **Нуриев, Д.Н.** Санитарное состояние озеленительных посадок березы повислой в условиях города Екатеринбурга / Д.Н. Нуриев, И.В. Шевелина // Научное творчество молодежи – лесному комплексу России: матер. XIV Всерос. науч.-техн. конф. – Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2018. – С. 544-546.

10. **Нуриев, Д.Н.** Оценка точности таблиц объемов стволов березы для озеленительных посадок города Екатеринбурга / Д.Н. Нуриев, И.В. Шевелина, З.Я. Нагимов // Технологии и оборудование садово-паркового и ландшафтного строительства: сб. ст. Всерос. науч.-практ. конф. – Красноярск: Сиб. гос. ун-т, 2019. – С. 174-176.

11. Гребнева, А.Е. Оценка степени антропогенной нагрузки методом биоиндикации на примере деревьев березы повислой в озеленительных посадках Екатеринбурга / А.Е. Гребнева, Д.Р. Кутлиев, **Д.Н. Нуриев**, И.В. Шевелина // Научное творчество молодежи – лесному комплексу России: матер. XV Всерос. науч.-техн. конф. – Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2019. – С. 346-348.

12. Шевелина, И.В. Целесообразность разработки таблиц объемов деревьев для городских насаждений / И.В. Шевелина, **Д.Н. Нуриев**, З.Я. Нагимов, И.С. Дунаев, М.И. Касумов // Лесная наука в реализации концепции уральской инженерной школы: социально-экономические и экологические проблемы лесного сектора экономики: матер. XII Междунар. науч.-техн. конф. – Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2019. – С. 252-255.

Свидетельства о регистрации результатов интеллектуальной деятельности:

13. **Нуриев Д.Н., Шевелина И.В.** Биометрические параметры рядовых озеленительных посадок березы повислой в условиях города Екатеринбурга // РОСПАТЕНТ. Свидетельство о государственной регистрации базы данных №2018620593 от 19.04.2018.

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

Подписано в печать 17.07.2019. Объем 1,0 авт.л. Заказ №_166_ Тираж 100.
620100, г. Екатеринбург, Сибирский тракт, 37. ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет». Отдел оперативной полиграфии.