

На правах рукописи

Уразов Павел Николаевич

**СОСТОЯНИЕ, РОСТ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ
ЗАЩИТНЫХ ЛЕСНЫХ ПОЛОС ВДОЛЬ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ
СВЕРДЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ
(на примере линии Екатеринбург – Каменск-Уральский)**

Специальность 4.1.6 – Лесоведение, лесоводство, лесные культуры,
агролесомелиорация, озеленение, лесная пирология и таксация

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Екатеринбург, 2026

Работа выполнена в
ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет»

| | |
|------------------------|---|
| Научный руководитель: | доктор сельскохозяйственных наук, профессор Нагимов Зуфар Ягфарович |
| Официальные оппоненты: | Байтурина Регина Рафаиловна, доктор сельскохозяйственных наук, доцент, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Башкирский государственный аграрный университет», кафедра лесоводства и ландшафтного дизайна, доцент; Цепордей Иван Степанович, кандидат сельскохозяйственных наук, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Ботанический сад Уральского отделения РАН, лаборатория популяционной биологии древесных растений и динамики леса, старший научный сотрудник. |
| Ведущая организация: | Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный аграрный университет» |

Защита состоится 20 марта 2026 г. в 12.00 часов на заседании диссертационного совета 24.2.424.02 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 _____ февраля 2026 г.

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

Магасумова
Альфия Гаптрауфовна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Защитные лесные полосы (ЗЛП) вдоль железных дорог являются их инфраструктурным объектом и неотъемлемой частью экологического каркаса территории. Они, наряду с защитными, выполняют множество других, свойственных лесным насаждениям, функций: эстетические, санитарно-гигиенические, экологические и др. Чрезвычайно полезны они в районе наших исследований, характеризующимся невысокой лесистостью. Несмотря на важное значение придорожных ЗЛП для обеспечения бесперебойного и безопасного движения железнодорожного транспорта, экономики и экологии региона, в них длительное время не проводятся мероприятия по уходу, капитальному и восстановительному ремонту, направленные на улучшение их санитарного состояния и поддержание соответствующей конструкции, способствующей эффективному выполнению мелиоративных функций.

Полезные функции защитных насаждений зависят от их количественных и качественных характеристик. Эффективность мероприятий по созданию и эксплуатации придорожных ЗЛП, уходу за ними в значительной степени определяются степенью изученности их состояния, структуры, роста, защитных и экологических функций.

Следует отметить, актуальность оценки соответствия снегосборных характеристик защитных полос (созданных в середине прошлого столетия и функционирующих в последние десятилетия без лесохозяйственных уходов) действительным объемам снегоприноса, рассчитанным на фоне изменившихся климатических факторов.

Степень разработанности темы. Большое количество работ посвящено исследованию защитных лесных насаждений на сельскохозяйственных землях (Парамонов, Симоненко, 2007; Ивонин и др., 2009, 2010; Танюкевич, 2011 и др.). Придорожные ЗЛП в лесоводственно-таксационном и экологическом отношении изучены в значительно меньшей степени. Многие исследования, в частности фитомассы древостоев в ЗЛП, носят фрагментарный характер (Танюкевич, 2015; Здорнов, Нагимов, 2019; Здорнов и др., 2020; Гавва и др., 2022, 2025 и др.)

Диссертация является законченным научным исследованием.

Цель и задачи исследования. Основная цель работы – комплексный анализ состояния, структуры, роста, защитно-мелиоративных свойств придорожных ЗЛП в условиях Свердловской железной дороги и оценка соответствия их снегосборных характеристик актуальным объемам снегоприноса, рассчитанным с учетом изменившихся климатических факторов.

В соответствии с поставленной целью были сформулированы следующие задачи исследований:

- изучение изменений климата и расчет объемов снегоприноса к участкам железной дороги;
- анализ строения и роста древостоев разных пород в придорожных ЗЛП;
- оценка состояния и устойчивости деревьев в ЗЛП различных пород;
- определение влияния системы защитных полос на ветровой режим и снегонакопление в полосе отвода железной дороги;
- изучение динамики надземной фитомассы и особенностей депонирования углерода в придорожных ЗЛП.

Научная новизна. Впервые в условиях юго-востока Свердловской области проведены комплексные экологические и лесоводственно-таксационные исследования в придорожных ЗЛП. Для климатических условий последних лет рассчитан объем сне-

гоприноса к любой стороне железной дороги с учетом ее направления. Оценена динамика таксационных показателей древостоев ЗЛП за полувековой период. Выявлены особенности дифференциации деревьев разных пород в ЗЛП по размерам стволов, санитарному и жизненному состоянию. Произведена оценка влияния различных защитных полос на ветровой режим и снегонакопление в полосе отвода дорог. Впервые в районе исследований изучены динамика надземной фитомассы насаждений и особенности депонирования ими углерода в ЗЛП.

Теоретическая и практическая значимость работы. Результаты исследований расширяют современные представления и знания о состоянии, устойчивости, таксационной структуре, динамике таксационных показателей и надземной фитомассе древостоев придорожных ЗЛП, а также о их защитно-мелиоративной и экологической роли. Они могут служить информационной, теоретической и методической базой для проектирования и осуществления лесохозяйственных мероприятий, направленных на оптимизацию конструкций, улучшение санитарного состояния и условий функционирования полос. Данные о депонировании углерода насаждениями придорожных ЗЛП могут быть полезны при оценке бюджета углерода в лесных экосистемах региона.

Методология и методы исследований. Методологической основой работы послужили результаты исследований и теоретические обобщения отечественных и зарубежных ученых в области проектирования, создания и эксплуатации защитных лесных полос. В основу исследований положен комплексный, многоаспектный анализ придорожных ЗЛП с применением апробированных методов оценки состояния и роста древостоев, математико-статистического анализа, а также методов, применяемых при изучении экологических и мелиоративных свойств защитных насаждений.

Положения, выносимые на защиту.

1. Современные показатели роста, продуктивности, устойчивости и санитарного состояния древостоев в ЗЛП обусловлены их возрастом и составом, а также отсутствием в них лесохозяйственных уходов в последние десятилетия.

2. Спелые и перестойные насаждения, прежде всего тополевые, утрачивают свои защитно-мелиоративные функции и должны быть планомерно заменены на лесные насаждения, обеспечивающие сохранение целевого назначения защитных полос.

3. Изменение климата в последние десятилетия и связанное с ним увеличение объемов снегоприноса к путям, обуславливают необходимость контроля соответствия характеристик защитных полос изменившимся климатическим факторам; ветро-снегозащитные свойства ЗЛП зависят от их возраста, породного состава, конструктивных особенностей, расположения относительно господствующих ветров и изначальной скорости ветра.

4. Большинство функционирующих в настоящее время в районе исследований ЗЛП характеризуется высоким углерод депонирующим потенциалом; годовое депонирование углерода в них выше, чем в естественных насаждениях Среднего Урала.

Достоверность и обоснованность результатов исследования обеспечивается комплексным подходом к изучению насаждений придорожных ЗЛП, содержательным анализом репрезентативного эмпирического материала, корректным использованием достижений фундаментальных и прикладных научных дисциплин, апробированных методов лесоведения, лесоводства и лесной таксации, современных математико-статистических методов и стандартных компьютерных программ при обработке материалов и интерпретации результатов. Полученные материалы качественно совпадают с результатами подобных исследований, проведенных в других регионах.

Апробация результатов. Основные положения и результаты исследований были представлены и обсуждались на Международ. науч. – практ. конф. «Лес» (Брянск,

2022, 2023); XIX Междунар. науч. – техн. конф. «Актуальные проблемы развития лесного комплекса» (Вологда, 2021); IV Междунар. науч. – техн. конф. «Передовые технологии и материалы будущего» (Минск, 2021); Всеросс. науч. – техн. конф. «Леса России: политика, промышленность, наука, образование» (Санкт-Петербург, 2022; 2023); Всеросс. (нац.) науч. – техн. конф. «Научное творчество молодежи - лесному комплексу России» (Екатеринбург, 2022, 2024); XV Междунар. науч. – техн. конф. «Эффективный ответ на современные вызовы с учетом взаимодействия человека и природы, человека и технологий» (Екатеринбург, 2024).

Личный вклад автора. Автор принимал непосредственное участие в постановке цели и задач исследования, выборе методики работ, сборе экспериментальных материалов, их обработке, анализе, обобщении и апробации полученных результатов. Автором лично написаны диссертация и автореферат.

Публикации. По теме диссертации опубликованы 25 работ, в том числе 10 в изданиях из списка ВАК.

Структура и объём диссертации. Диссертация состоит из введения, 7 глав, заключения, списка литературы из 189 наименований (в том числе 25 на иностранных языках) и 2 приложений. Она изложена на 218 страницах, содержит 46 таблиц и 44 рисунка.

1. ИСТОРИЯ И СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА

В данной главе приведен анализ научных работ, посвященных истории развития защитного лесоразведения (Ершов, 1967; Макарычев, 1967; Огиевский, 1974; Трещевский, 1982 и др.), оценке защитно-мелиоративных и экологических функций ЗЛП, в том числе придорожных (Shaw, 1988; Guertin et al., 1997; Ивонин и др., 2009; Кириллов, Матвеева, 2011; Танюкевич, 2012, 2015; Renterghem et al., 2014; Wang et al., 2015; Voklag, 2016; Дубенок и др., 2017; Кружилин и др., 2018; Здорнов, 2020; Танюкевич и др., 2020; Тюрин, 2021; и др.), проблемам снегозаносимости путей (Ершов, 1966; Мельник, 1966; Указания..., 1974; Беренштейн, 1980; Токарев, 2005; Потапенко, 2014; Рекомендации..., 2014; Герц и др., 2021 и др.), изучению влияния полос различных конструкций на снижение скорости ветра и характер снегораспределения на прилегающих к полосам территориях (Данилов, 1971; Огиевский, 1974; Танюкевич, Ивонин, 2014; Здорнов, 2020; Гавва и др., 2025; и др.). Анализируются также литературные данные по фитомассе насаждений ЗЛП (Попов 1978; Ивонин и др., 2009; Танюкевич, 2011, 2013, 2015; Здорнов, Нагимов, 2019; Здорнов, 2020 и др.). ЗЛП вдоль дорог изучены в значительно меньшей степени, чем на сельскохозяйственных землях. Многие исследования в придорожных полосах носят фрагментарный характер. Это обусловило проведение наших исследований.

2. ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЙ

Район исследований расположен в юго-восточной части Свердловской области, на границе лесной и лесостепной природных зон.

Климат территории умеренно континентальный с резкими колебаниями суточных и годовых температур, хорошо выраженными сезонами года и умеренным количеством выпадаемых осадков. Преобладающие ветры северо-западные, западные и юго-западные. Снежный покров умеренный, достигает своей максимальной высоты в конце февраля и начале марта. Преобладают темно-серые и серые лесные и дерново-подзолистые почвы.

Район занимает наиболее возвышенную северо-западную часть Исетско-Пышминского междуречья и имеет заметный уклон от гористого северо-запада к равнинному юго-востоку (Надеждин, 1960). Значительная всхолмленность рельефа местности обуславливает наличие вдоль линий железных дорог большого количества чередующихся насыпей, выемок и нулевых мест.

3. ПРОГРАММА, МЕТОДИКА И ОБЪЕМ ВЫПОЛНЕННЫХ РАБОТ

3.1. Программа исследований

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

3.2. Объекты и методика исследований

Объектом исследований явились ЗЛП, расположенные вдоль железнодорожной линии Екатеринбург – Каменск-Уральский с 21 по 80 км. Они отличаются породным составом и возрастом насаждений, а также конструктивными особенностями: количеством посадочных рядов, расстоянием между ними и шириной. Все защитные полосы, в которых проводились исследования, созданы искусственным путем.

В основу таксационных исследований положен метод пробных площадей (ПП) с широким применением математико-статистического анализа. Закладывались ПП с учетом основных требований ОСТ 56-69-83 в ЗЛП, в которых в 1970 году была проведена перечислительная таксация сотрудниками кафедры лесной таксации и лесоустройства УГЛТУ. Результаты этой работы доступны в специальной литературе (Отчет..., 1970; Галако, 1971).

Сплошной переčet деревьев выполнялся отдельно по породам, ступеням толщины и категориям санитарного состояния деревьев. Последний показатель устанавливался по соответствующей шкале Правил санитарной безопасности в лесах (Правила..., 2020). После перечета проводился отбор растущих модельных деревьев: для основного элемента леса в количестве не менее 15 шт. по ступеням толщины, а для второстепенных элементов – в количестве не менее 10 шт., близких по диаметру к среднему значению этого показателя. У модельных деревьев определялись категория санитарного состояния, диаметр, высота, протяженность и диаметр кроны.

Таксация подлеска производилась на учетной площадке шириной 10 м и длиной, равной ширине ЗЛП. При учетных работах подлесок распределялся по видам и группам высот. Для каждого вида отбирались 5 средних модельных растений, у которых измерялись диаметр у основания и высота.

Таксационные показатели древостоев на пробных площадях определялись по данным их сплошного перечета и обмера растущих модельных деревьев в соответствии с общепринятыми в лесной таксации методами. Причем, запас устанавливался по применяемым в районе таблицам объемов деревьев, а возраст – преимущественно по архивным материалам. Санитарное состояние древостоев на ПП оценивалось на основе расчета средневзвешенной категории санитарного состояния деревьев древесной породы (Правила..., 2020), а жизненное состояние – по алгоритму, предложенному В. А. Алексеевым (Алексеев, 1990). В древостоях березы дополнительно производилась оценка стабильности развития деревьев на основе определения флуктуирующей асимметрии листьев (Захаров и др., 2000).

Оценка объемов снегоприноса производилась аналитическим методом, описанным в Указаниях по изысканию и проектированию защитных лесонасаждений вдоль линий железных дорог СССР (Указания..., 1974). Необходимые для расчета данные получены на метеостанции Верхнее Дуброво Свердловской области.

Исследования ветроослабляющих и снегозадерживающих функций ЗЛП выполнялись на трансектах, проходящих от рельса к защитной полосе (к пробной площади) и далее по открытому полю. На них фиксировались пункты для последующих замеров скорости ветра и глубины снега: 1 пункт – непосредственно у рельса дороги; 2 – между рельсом и ЗЛП; 3 и 4 – в защитной полосе; 5 – непосредственно за полосой со стороны поля; 6 – в открытом поле на расстоянии 10 м от полосы; 7 – в открытом поле на расстоянии 50 м от полосы; 8 – в открытом поле на расстоянии 100 м от полосы; 9 – в открытом поле на расстоянии 150 м от полосы. На участках с ЗЛП и с правой и с левой стороны дороги они прокладывались по обе стороны от пути. Определение скорости ветрового потока и снегомерная съемка на пунктах, проводились с использованием апробированных методик (Морозов, 2006; Танюкевич, 2013 и др.).

Математико-статистическая обработка эмпирических материалов, исследование зависимостей между различными показателями проводились с использованием компьютерных программ «Excel 2016» и «Statistica 10.0».

3.3. Объем выполненных работ

Исследования проводились в течение 4 лет (с 2021 по 2024 гг.). В ЗЛП заложено 9 ПП, на которых измерен 2021 диаметр деревьев. У 301 дерева определены высота стволов, протяженность и диаметр крон. На 124 пунктах проведены 2400 измерений скорости ветра и 992 высоты снежного покрова. Выполнены отбор и взвешивание 124 снеговых проб, а также отбор 120 листьев березы для расчета флуктуирующей асимметрии.

4. СТРУКТУРА, РОСТ И СОСТОЯНИЕ ПРИДОРОЖНЫХ ЗАЩИТНЫХ ЛЕСНЫХ ПОЛОС

4.1. Конструктивные особенности защитных полос и таксационная характеристика их насаждений

Исследуемые ЗЛП существенно различаются количеством рядов древесных растений, расстоянием между ними, а, следовательно, и шириной. Последний показатель изменяется от 20,5 до 73,5 м. В настоящее время по результатам визуальной оценки в зимнее время ЗЛП на 7 участках имеют ажурную конструкцию, а на 2 – продуваемую. Таксационная характеристика древостоев в ЗЛП представлена в табл. 4.1.

Таблица 4.1 – Таксационная характеристика насаждений, исследуемых ЗЛП

| № ПП | Преобл. порода Класс возраста | Класс бонитета | Состав яруса | Показатели элементов леса | | | | |
|------|----------------------------------|----------------|--------------|---------------------------|--------------|-------------|-----------|-----------------------|
| | | | | Порода | Возраст, лет | Диаметр, см | Высота, м | Запас, м ³ |
| 1 | Лц IV | I | 5Лц4Б1Е | Лц | 69 | 29,2 | 24,7 | 204 |
| | | | | Б | 69 | 30,9 | 20,2 | 162 |
| | | | | Е | 69 | 24,0 | 19,3 | 46 |
| 2 | Б VIII | I | 9Б1Т | Б | 73 | 33,3 | 23,3 | 427 |
| | | | | Т | 73 | 32,6 | 25,6 | 31 |
| 3 | С IV | II | 9С1Б | С | 68 | 29,7 | 21,1 | 224 |
| | | | | Б | 68 | 37,2 | 23,1 | 31 |
| 4 | Т VIII | II | 5Т5Б+С | Т | 73 | 29,1 | 21,7 | 241 |
| | | | | Б | 73 | 22,1 | 18,1 | 205 |
| | | | | С | | 18,1 | 10,7 | 8 |

| № ПП | Преобл. порода Класс возраста | Класс бонитета | Состав яруса | Показатели элементов леса | | | | |
|------|----------------------------------|----------------|--------------|---------------------------|--------------|-------------|-----------|-----------------------|
| | | | | Порода | Возраст, лет | Диаметр, см | Высота, м | Запас, м ³ |
| 5 | $\frac{Б}{IX}$ | II | 10Б | Б | 87 | 29,8 | 24,5 | 239 |
| 6 | $\frac{Т}{VII}$ | Ia | 9Т1Б ед.С | Т | 67 | 34,7 | 31,1 | 546 |
| | | | | Б | 67 | 22,7 | 16,8 | 50 |
| | | | | С | | 16,0 | 11,0 | 0,3 |
| 7 | $\frac{Т}{VII}$ | Ia | 6Т4Б ед.С | Т | 67 | 25,2 | 28,0 | 283 |
| | | | | Б | 67 | 23,1 | 16,9 | 163 |
| | | | | С | | 21,9 | 13,8 | 3 |
| 8 | $\frac{Б}{IX}$ | III | 6Б3С1Т+Е | Б | 87 | 24,0 | 17,5 | 113 |
| | | | | С | 87 | 24,5 | 19,7 | 70 |
| | | | | Т | 87 | 19,9 | 15,4 | 18 |
| | | | | Е | 87 | 21,5 | 17,9 | 8 |
| 9 | $\frac{Б}{IX}$ | II | 10Б+Е | Б | 87 | 36,1 | 22,8 | 137 |
| | | | | Е | 87 | 38,1 | 23,1 | 3 |

Примечание. Б – берёза повислая; Т – тополь бальзамический; С – сосна обыкновенная; Лц – лиственница сибирская; Е – ель сибирская.

Насаждения ЗЛП с преобладанием в составе сосны и лиственницы относятся к группе средневозрастных, с преобладанием березы – к группе спелых, а с преобладанием тополя – к группе спелых (ПП № 6 и 7) и перестойных (ПП № 4). Лиственные защитные насаждения находятся в таком возрасте, когда их качественные характеристики и состояние постепенно утрачиваются и в перспективе улучшаться не будут. В смешанных насаждениях с участием тополя бальзамического, данная древесная порода до возраста 70–75 лет превосходит по высоте другие породы, в том числе, березу. Ближе к 90 годам при совместном произрастании древесных пород преимущество по высоте переходит к хвойным. При прочих равных условиях наиболее высокими запасами характеризуются смешанные березово-тополевые насаждения в возрасте до 73 лет. В более старшем возрасте (87 лет) чистые березовые насаждения, а также смешанные насаждения из березы и тополя отличаются более низкими запасами. В первую очередь это обусловлено усилением отпада деревьев березы и особенно тополя в насаждениях старше 70 лет. Древостои ЗЛП при одинаковых показателях возраста и класса бонитета характеризуются существенно низкими значениями густоты и более высокими значениями среднего диаметра, чем нормальные древостои из соответствующих таблиц хода роста. Причем, в расчетной величине абсолютной полноты древостоев ЗЛП меньшая густота компенсируется (во многих случаях с избытком) увеличением толщины деревьев. Густота древостоев в ЗЛП, как и в естественных насаждениях, оказывает существенное влияние на их таксационные характеристики. В частности, с повышением данного показателя наблюдается закономерное уменьшение среднего диаметра и средней высоты древостоев.

4.2. Дифференциация деревьев по диаметру в древостоях защитных полос

Результаты математико-статистической обработки рядов распределения деревьев по толщине представлены в табл. 4.2.

Таблица 4.2 – Статистические параметры рядов распределения диаметров деревьев, преобладающих в ЗЛП пород

| № ПП | Порода | Среднее значение, см | Ошибка среднего, см | Коэффициент эксцесса | Коэффициент асимметрии | Коэффициент вариации, % | Точность опыта, % |
|------|--------|----------------------|---------------------|----------------------|------------------------|-------------------------|-------------------|
| 1 | Лц | 26,7 | ± 0,62 | 0,23 | 0,04 | 25,3 | 2,3 |
| 2 | Б | 32,5 | ± 0,97 | -0,84 | 0,28 | 32,3 | 3,0 |
| 3 | С | 29,0 | ± 2,70 | 0,82 | 0,61 | 22,3 | 9,3 |
| 4 | Т | 28,0 | ± 0,69 | 0,45 | 0,44 | 35,2 | 2,5 |
| 5 | Б | 31,0 | ± 0,75 | 0,32 | 0,69 | 29,8 | 2,4 |
| 6 | Т | 32,5 | ± 0,93 | -0,50 | 0,13 | 37,3 | 2,9 |
| 7 | Т | 24,0 | ± 0,74 | -0,52 | 0,12 | 39,2 | 3,1 |
| 8 | Б | 28,0 | ± 0,77 | 0,33 | 0,78 | 35,2 | 2,8 |
| 9 | Б | 37,0 | ± 1,23 | -0,01 | -0,37 | 30,2 | 3,3 |

В целом можно отметить, что уровень изменчивости диаметров стволов в исследуемых древостоях по шкале С. А. Мамаева (1970) оценивается как повышенный или высокий. По степени дифференциации деревьев по диаметру древостои можно расположить в следующий ряд: сосновые, лиственничные, берёзовые и тополевые. Наблюдается характерная для естественных насаждений тенденция уменьшения варьирования диаметра деревьев с увеличением возраста древостоев. При прочих равных условиях (при близких значениях возраста, класса бонитета, полноты) дифференциация диаметров деревьев в исследуемых ЗЛП несколько ниже, чем в древостоях, формирующихся в естественных условиях. Это объясняется особенностями создания искусственных древостоев (равномерность размещения, одновозрастность и меньшее генотипическое разнообразие растений, выровненный агрофон). Значения показателей асимметрии и эксцесса свидетельствуют, что по форме эмпирические ряды распределения диаметров в большинстве случаев отличаются от нормальной кривой. По особенностям распределения деревьев по диаметру исследуемые древостои согласно таблице определения формы распределения Г. С. Варакина и А. А. Вайса (2014) относятся к категории неустойчивых.

4.3. Взаимосвязи таксационных характеристик деревьев в ЗЛП

Неширокие ЗЛП с одновозрастными древостоями, которые во многих случаях характеризуются невысокой густотой, являются очень удобными объектами для таксации их по материалам дистанционных съемок. Применение этих материалов связано с разработкой корреляционных зависимостей между определяемыми и неопределяемыми на снимках параметрами стволов и крон. В частности, большое практическое значение имеют зависимости диаметра стволов ($D_{1,3}$) от высоты стволов (H_s) и диаметра крон (D_k) (Сухих, 2005). Выявляется, что в древостоях ЗЛП диаметр стволов с диаметром крон связан слабее (R^2 в зависимости от породы изменяется от 0,302 до 0,747), чем с высотой деревьев ($R^2 = 0,372 - 0,802$).

На рис. 4.1 в качестве примера показана зависимость диаметра стволов от высоты и диаметра крон деревьев от диаметра стволов в березовых древостоях. В целом результаты данных исследований свидетельствуют, что зависимости между диаметром и высотой стволов, а также диаметром стволов и диаметром крон с небольшими допущениями можно признать прямолинейными по форме.

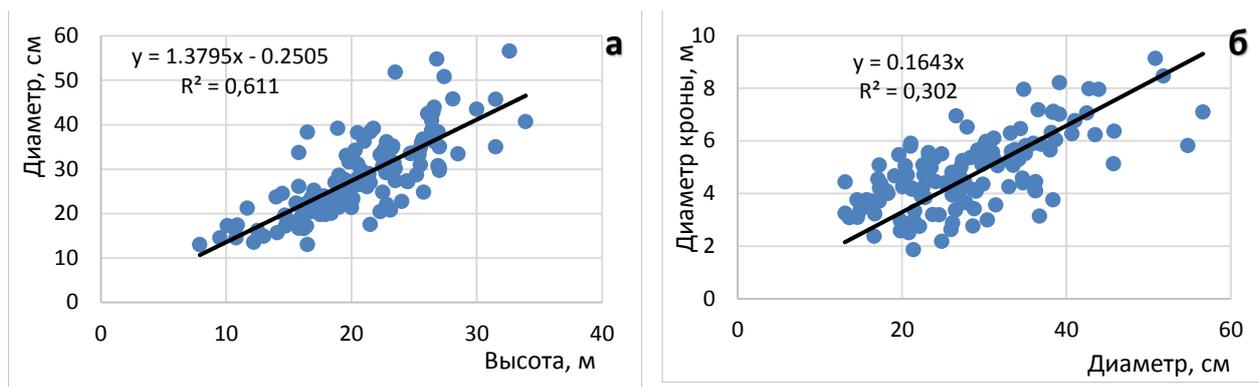


Рис. 4.1 – Зависимость диаметра стволов от высоты деревьев (а) и диаметра кроны от диаметра стволов (б) в древостоях березы

Установлено, что соотношение диаметра кроны D_k (в м) к диаметру стволов $D_{1,3}$ (в см) зависит от породы. По уменьшению данного показателя ($D_k / D_{1,3}$) исследуемые породы располагаются в следующий ряд: тополь (0,18), береза (0,16), лиственница (0,13), сосна (0,12). Учитывая характер исследованных связей по каждой породе разработаны двухфакторные уравнения вида (табл. 4.3):

$$D_{1,3} = a \times H_s + b \times D_k + c, \quad (4.1)$$

Таблица 4.3 – Параметры уравнения вида: $D_{1,3} = a \times H_s + b \times D_k + c$

| Древесная порода | Значения коэффициентов при определяющих факторах | | | R ² | № уравнения |
|------------------|--|----------|----------|----------------|-------------|
| | <i>a</i> | <i>b</i> | <i>c</i> | | |
| Тополь | 0,3473 | 3,7677 | 1,3259 | 0,790 | (4.2) |
| Береза | 1,0630 | 2,5592 | -6,0645 | 0,741 | (4.3) |
| Сосна | 0,9371 | 4,2460 | -6,378 | 0,895 | (4.4) |
| Ель | 1,0864 | 3,007 | -7,6010 | 0,693 | (4.5) |
| Лиственница | 1,7513 | 1,7313 | -18,8922 | 0,644 | (4.6) |

Разработанные уравнения корректны экспериментальным данным. Высота ствола и диаметр кроны в древостоях различных пород вместе объясняют от 64,4 до 89,5 % изменчивости диаметра стволов. Таксационный диаметр деревьев по двухфакторным уравнениям определяется заметно точнее, чем по однофакторным. На основе уравнений (4.2)–(4.6) для каждой породы разработана двухходовая таблица. Она и представленные выше уравнения могут успешно применяться в качестве нормативов при дистанционных лесооценочных работах в ЗЛП.

4.4. Анализ роста насаждений защитных полос за полувековой период

Результаты оценки изменений таксационных показателей исследуемых насаждений за период с 1970 по 2021 годы позволяют отметить следующее.

Обнаруживается тенденция снижения класса бонитета лесонасаждений за анализируемый период. Это связано с повышением возраста насаждений и не противоречит общей закономерности, проявляющейся при таксации лесов региона.

Преобладающие в 1970 году в ЗЛП древесные породы в течение этого периода сохранили свой статус, хотя удельный вес их в составе насаждений изменился в ту или иную сторону; причем доля тополя имела тенденцию только в сторону уменьшения. Произошли изменения долевого участия второстепенных пород в составе насаждений, характер которых зависит от породы и ее возраста в 1970 году: участие березы и сосны в качестве второстепенных пород повысилось, ели – сохранилось, а тополя – снизилось (в некоторых случаях до полного исчезновения).

Густота насаждений ЗЛП на шести пробных площадях снизилась вследствие естественного изреживания древостоев, а на трех, наоборот, несколько повысилась. Последнее связано с увеличением количества деревьев сосны и березы вследствие проведенных дополнений. В смешанных насаждениях снижение густоты в большей степени произошло за счет выпадения тополя и в меньшей степени - березы и ели.

В целом, в течение анализируемого периода хвойные породы и береза отличались значительно большей устойчивостью, чем тополь. Следует отметить, что из участвующих в составе насаждений пород, тополь является самым недолговечным. Его древостои, как отмечалось выше, в настоящее время относятся к категориям «спелые и перестойные», в которых выпадение деревьев со временем будет только усиливаться.

Средний периодический прирост по общему запасу насаждений зависит от класса бонитета, полноты, преобладающей породы и ее возраста. В зависимости от этих показателей он варьирует в широких пределах – от 2,1 до 10,9 м³/га. Наиболее высокими значениями данного показателя характеризуются высокобонитетные и высокополнотные березово-тополевые насаждения 67–73-летнего возраста и средневозрастное насаждение с преобладанием лиственницы, а наиболее низкими – 87-летние березняки III класса бонитета. Насаждения с лучшими приростами по запасу характеризуются и лучшими приростами по высоте. Максимальным значением среднего периодического прироста по высоте (0,31 м) характеризуются 67-летние древостои тополя.

4.5. Состояние древостоев защитных лесных полос

По показателям санитарного и жизненного состояния древостои исследуемых ЗЛП относятся к категории «сильно ослабленные», за исключением древостоя сосны на одной пробной площади, состояние которого оценивается как «ослабленное». Несмотря на то, что большинство исследуемых древостоев относится к одной категории, они заметно различаются по величине среднезвешенной категории санитарного состояния деревьев. Этот показатель в исследуемых древостоях (элементах леса) изменяется от 2,00 до 3,39. Выявляется, что санитарное состояние насаждений ЗЛП в значительной степени зависит от их породного состава. В порядке ухудшения санитарного состояния исследуемые древостои располагаются в следующий ряд: сосновые, березовые и тополевые. На санитарное состояние древостоев определенное влияние оказывает их возраст. С увеличением этого показателя возрастает степень ослабления древостоев. Так, в 67–73-летних древостоях тополя средняя категория санитарного состояния деревьев составляет в среднем 3,05, а 87-летних – 3,28.

Санитарное состояние исследуемых древостоев тесно связано с их жизненным состоянием. Причем степень ослабления древостоев и по среднезвешенной категории санитарного состояния деревьев, и по показателю относительного жизненного состояния L_n , идентифицируется однозначно.

Исследуемые насаждения достаточно существенно различаются по качеству среды и показателю стабильности развития деревьев, оцениваемых по уровню флуктуирующей асимметрии листьев березы. Из пяти исследованных ЗЛП две характеризуются незначительно отличающимися от нормы состоянием деревьев и среды, еще две – средним уровнем отклонений этих показателей, одна – значительным отклонением от нормы. Достоверная связь между величиной флуктуирующей асимметрии листовых пластинок и санитарным состоянием деревьев на нашем сравнительно ограниченном экспериментальном материале не обнаруживается.

Вероятность падения деревьев под воздействием ветровых нагрузок в сильно ослабленных насаждениях существенно выше, чем в здоровых. Свердловской дирекцией инфраструктуры железных дорог только в 2020 году зафиксировано 16 фактов

нарушения графика движения поездов по причине падения деревьев. Причем задержка поездов в некоторых случаях составляла более двух суток.

5. ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА И ОБЪЕМОВ СНЕГОПРИНОСА К УЧАСТКАМ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ

5.1. Анализ изменения климата по данным метеостанций

Изменения климатических условий в районе исследований анализировались по данным метеостанций Верхнее Дуброво и Каменск-Уральский. Установлено, что в районе за последние 70 лет среднегодовая температура воздуха увеличилась на 1,62 °С, а средняя температура холодного периода года (с ноября по март) – на более значительную величину (на 2,9 °С). Температурный режим холодного периода года в последние десятилетия стал менее устойчивым и мало предсказуемым. Об этом свидетельствует выраженная тенденция увеличения коэффициента вариации средней (с ноября по март) температуры воздуха на протяжении исследуемого периода. Так, в период с 1951 по 1960 годы он составлял 36 %, а с 2011 по 2020 годы – 52,6 %.

На протяжении анализируемого периода наблюдалось поступательное увеличение объемов выпадающих осадков, в том числе зимних (рис. 5.1). В современных условиях изменения климата зимы становятся более многоснежными. Погодичная динамика количества осадков холодного периода года характеризуется цикличностью. Наблюдается чередование периодов с тенденциями увеличения и уменьшения осадков. Наибольшая вариация количества осадков за анализируемый период характерна для марта (63,9 %), а наименьшая – для декабря (46,2 %).

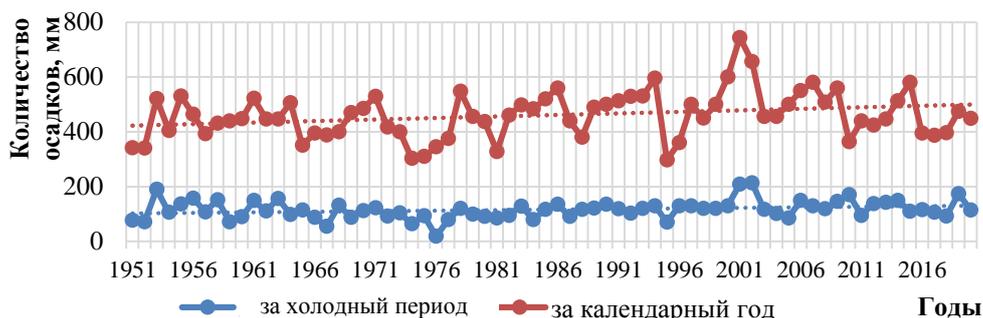


Рис. 5.1 – Динамика количества осадков за анализируемый период по данным метеостанции Каменск-Уральский

Ряды распределения количества осадков, составленные в разрезе месяцев холодного периода года для всего анализируемого периода, наиболее удачно (по критерию согласия Пирсона χ^2) описывается функцией Вейбулла (рис. 5.2).

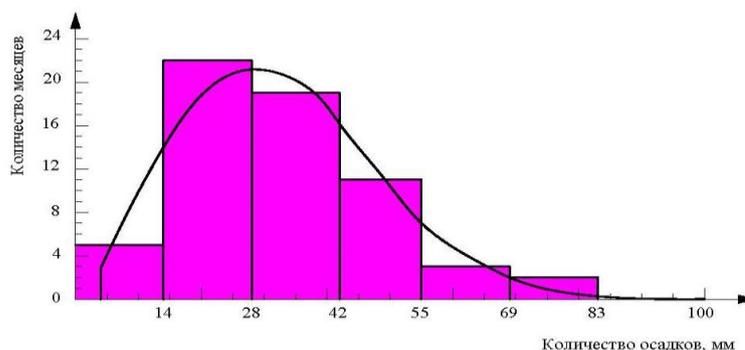


Рис. 5.2 – Распределение 62 месяцев (ноября) по количеству осадков за исследуемый период

Из данных рис. 5.2 видно, что в ноябре в районе исследования наиболее вероятны осадки в объеме от 14 до 42 мм. Однако бывают годы, когда их может выпасть до 83 мм. Подобные результаты получены и по осадкам других месяцев холодного периода года. В целом функция Вейбулла может быть использована для разработки прогнозных моделей для оценки объемов и динамики приходной части осадков холодного периода года. Такие модели актуальны для выработки правильной стратегии создания, формирования и эксплуатации ЗЛП.

Значения зимних максимальных суточных осадков, с которыми связаны риски заносов железнодорожных путей снегом, существенно различаются по месяцам холодного периода. В целом эти риски наиболее ожидаемы в феврале. Зимой наиболее вероятными являются величины максимальных суточных осадков в диапазоне от 2 до 8 мм. Доля дней с таким объемом осадков в общем их количестве составляет 72 %.

5.2. Определение годового и расчетного количества приносимого к путям снега

При определении объемов снегоприноса аналитическим способом необходимые сведения о количестве метелей, продолжительности и направлении метелевых ветров разной скорости, температуре воздуха и состоянии снежного покрова, получены на метеостанции Верхнее Дуброво за 12 лет.

По данным сведениям в соответствии с методикой (Указания..., 1974), определены расчетные объемы снегоприноса (Q) по 8 основным румбам (С, СВ, В, ЮВ, Ю, ЮЗ, З, СЗ) с вероятностью превышения 7 %. По вычисленным для каждого румба расчетным величинам снегоприноса строилась роза приносов снега заданной обеспеченности. Для этого на восьми основных румбах откладывались соответствующие им величины. Через центр данной розы проводилась прямая, соответствующая направлению данной линии железной дороги. Затем графически определялись углы атаки \angle_1 снегоприносов по каждому румбу. Суммарный расчетный годовой объем снега, приносимого в течение зимы на 1 пог. м к каждой из сторон пути, определялся как сумма расчетных объемов снегоприноса по всем румбам, относящихся к этой стороне пути по формуле:

$$\Sigma Q = Q_{ю} \sin \angle_1 + Q_{юв} \sin \angle_2 + Q_{юз} \sin \angle_3 + \dots, \quad (5.1)$$

где ΣQ – суммарный расчетный годовой объем снега, приносимого в течение зимы на 1 пог. м пути, м³/м;

$Q_{ю}$, $Q_{юв}$, $Q_{юз}$ – расчетные объемы снегоприноса по румбам, относящимся к данной стороне пути, м³/м;

\angle_1 , \angle_2 , \angle_3 – углы атаки снегоприносов по каждому румбу, град.

Определенные по формуле (5.1) расчетные значения объемов снегоприноса к исследуемым участкам дороги (ко всем ПП) представлены в табл. 5.1.

В соответствии с Указаниями (1974) на первом и четвертом объектах снеготранспортируемость железнодорожного пути оценивается как слабая, а на всех остальных – как средняя.

Рассчитанные объемы снегоприноса позволяют оценить соответствие системы существующих снегозадерживающих насаждений реальным метеорологическим условиям на отдельных участках дороги. Сопоставление их со снегозадерживающими характеристиками защитных полос (созданных в середине прошлого столетия) позволяет отметить, что защитные насаждения по конструкции на всех исследуемых объектах не соответствуют рекомендациям, а по количеству полос – соответствуют

только в половине случаев. В то же время исследуемые ЗЛП по ширине и размещению их относительно путей удовлетворяют требованиям нормативных документов.

Таблица 5.1 – Расчетный объем снегоприноса с вероятностью превышения 7 % к исследуемым участкам железной дороги

| Номер ПП | Объем снегоприноса, м ³ /м | | |
|----------|---------------------------------------|-------|-------|
| | справа | слева | общий |
| 1 | 82,2 | 20,1 | 102,3 |
| 2 | 123,0 | 18,8 | 141,8 |
| 3 | 123,0 | 18,8 | 141,8 |
| 4 | 88,9 | 20,4 | 109,3 |
| 5 | 119,4 | 19,7 | 139,1 |
| 6 | 119,4 | 19,7 | 139,1 |
| 7 | 119,4 | 19,7 | 139,1 |
| 8 | 118,2 | 19,9 | 138,1 |
| 9 | 118,2 | 19,9 | 138,1 |

6. ВЛИЯНИЕ ЗАЩИТНЫХ ЛЕСНЫХ ПОЛОС НА ВЕТРОВОЙ РЕЖИМ И СНЕГОНАКОПЛЕНИЕ

6.1. Изменение скорости ветрового потока под влиянием системы защитных лесных полос

Системы ЗЛП на всех исследуемых объектах в зимний период в той или иной мере снижают скорость ветрового потока. С наветренной стороны снижение скорости ветра в направлении от открытого поля к полотну, как правило, начинается уже на подходе к ЗЛП. В самой ЗЛП по сравнению с открытым полем скорость ветра на разных объектах снизилась от 1,3 до 1,8 раз. После выхода из полосы скорость ветрового потока продолжает снижаться. Наименьшие значения этого показателя характерны для межполосного пространства (для пространства между ЗЛП, расположенными с правой и левой стороны дороги). Здесь снижение средней скорости ветра на разных объектах составило от 54 до 78,2 %. Нарастание скорости ветра начинается после выхода из второй полосы, расположенной с подветренной стороны. Нарастание идет быстро и в открытом поле (на расстоянии 100–150 м от полевой опушки) достигает, а в некоторых случаях и превышает значения, зафиксированные в открытом поле с наветренной стороны. В качестве примера изменение скорости ветрового потока под влиянием тополево-березовых полос (ПП № 7) показано на рис. 6.1.

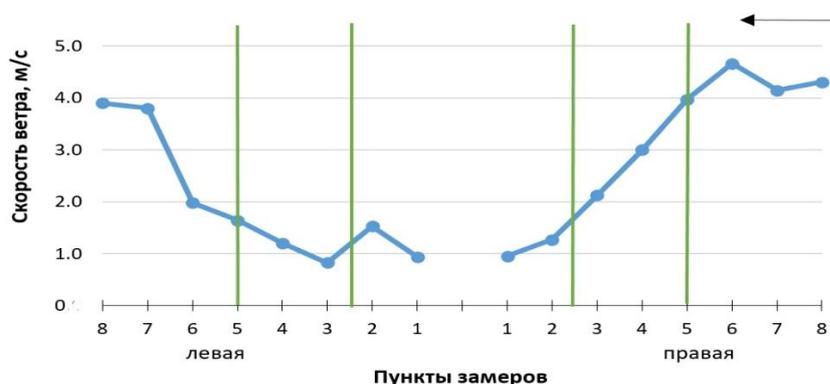


Рис. 6.1 – Изменение скорости ветрового потока под влиянием тополево-березовых защитных полос (62 км железной дороги, ПП № 7)

Степень и характер изменения скорости ветра под влиянием полос на разных участках железной дороги заметно различаются. Это связано с комплексом влияющих на ветровой поток факторов: ветропроницаемостью полос в системе, углами подхода ветрового потока к полосам, его скоростью в период замеров и др. Наибольшую ветрозащитную эффективность показала система, в которой полоса со стороны преобладающих ветров представлена насаждением с преобладанием сосны (снижение средней скорости ветра в межполосном пространстве 78,2 %). Защитные насаждения с отсутствием в составе хвойных пород в зимний период характеризуются значительно меньшей ветрозащитной эффективностью.

В летний период изменение скорости ветра под влиянием защитных насаждений на всех исследуемых объектах имеет примерно одинаковый характер: снижение скорости ветра в направлении от открытого поля к дороге начинается на подходе к ЗЛП, в защитной полосе с наветренной стороны происходит дальнейшее снижение данного показателя, затем с середины полосы до полотна дороги средняя скорость ветра держится примерно на одном уровне. Снижение средней скорости ветра на разных объектах составило от 71 до 87,1 %, что значительно выше, чем в зимний период. Это вполне объяснимо и связано с повышением ветроослабляющей функции лиственных насаждений в облиственном состоянии.

Характер распределения и отложения снега в зоне мелиоративного влияния ЗЛП в основном определяется их ветропроницаемостью и специфичен для каждого объекта. В качестве примера результаты измерения глубины снега в зоне мелиоративного влияния тополево-березовых ЗЛП (ПП № 6) представлены на рис. 6.2.

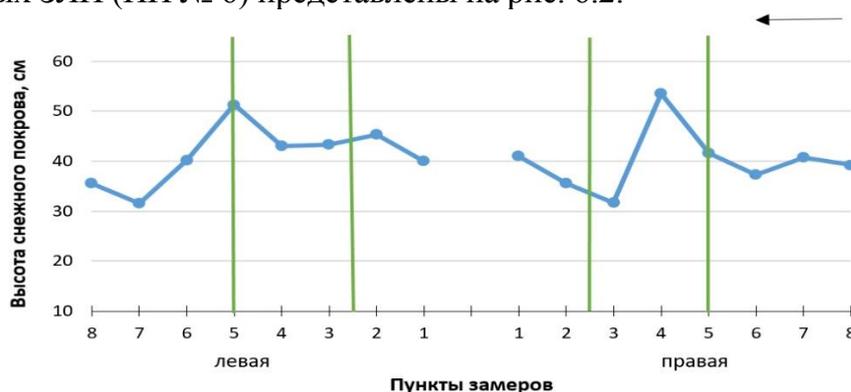


Рис. 6.2 – Изменение глубины снега под влиянием системы тополево-березовых полос (61 км железной дороги, ПП № 6)

В целом, на всех исследуемых объектах распределение снега в зоне мелиоративного действия защитных полос не в полной мере соответствует классическому варианту снегозадержания вдоль транспортных путей. Защитная лесная полоса, существенно снижая скорость ветрового потока, должна обеспечить отложение снега в виде мощных сугробов как в самой полосе, так и с ее наветренной и заветренной сторон. Отсутствие такого варианта снегораспределения на большинстве исследуемых участков, на наш взгляд, объясняется конструкцией полос. В настоящее время в зимний период лесные полосы имеют крупные сквозные просветы в средней и верхней частях. В нижней части они несколько уплотнены за счет разросшейся кустарниковой растительности. В специальной литературе такие полосы называют непродуваемыми (или плотными) снизу и ажурными (или продуваемыми) сверху. Они не рекомендуются в качестве снегозащитных насаждений в полосе отвода железных дорог (Указания..., 1974). В целом, невысокая эффективность снегозащитной «работы» функционирующих в полосе отвода защитных полос в многоснежные зимы на снеганосимых участках может стать причиной выхода снега на дорогу.

7. ДИНАМИКА НАДЗЕМНОЙ ФИТОМАССЫ И ДЕПОНИРОВАНИЕ УГЛЕРОДА В ИССЛЕДУЕМЫХ ЗАЩИТНЫХ ЛЕСОПОЛОСАХ

В настоящее время экологические функции ЗЛП, в частности, их углерод депонирующая способность, изучены крайне слабо. Поэтому в исследуемых ЗЛП нами произведен расчет фитомассы углеродных пулов и масштабов депонирования углерода за 51-летний период с использованием ранее разработанных аллометрических моделей (Аткина, Игнатова, 2009; Нагимов и др., 2013; Усольцев и др., 2022, 2023). Расчеты запасов надземной фитомассы по фракциям на 1 га проводились на основе материалов перечета деревьев и кустарников и подобранных моделей. Количество депонированного углерода в насаждениях получено умножением соответствующих показателей фитомассы на переводной коэффициент 0,5 (Кобак, 1988; Matthews, 1993). После определения количества углерода в основных его пулах на начало периода (1970 год) и его конец (2021 год) оценивалась углерод депонирующая работа исследуемых ЗЛП.

В зависимости от таксационных характеристик защитных насаждений надземная фитомасса древостоев за 51-летний период увеличилась в достаточно широких пределах – от 94,7 до 363,7 т/га (в среднем по 9 участкам – на 207,3 т/га). Фитомасса кустарниковых растений на пяти объектах возросла, а на четырех, наоборот, уменьшилась (рис. 7.1). Доля надземной фитомассы подлеска в общей надземной фитомассе насаждения (древостой + подлесок) снизилась с 29,2 % в 1970 году до 5,0 % в 2021 году. Тем не менее она в исследуемых насаждениях остается достаточно высокой.

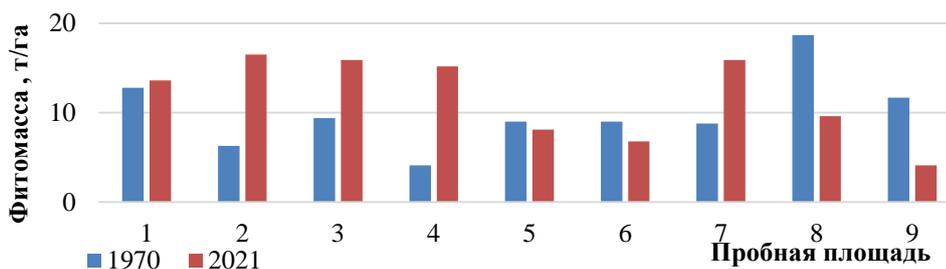


Рис. 7.1 – Надземная фитомасса подлеска в исследуемых защитных полосах за два периода

В 1970 году основной подлесочной породой на всех пробных площадях была карагана древовидная. Ее доля в общей надземной фитомассе подлесочных пород по отдельным объектам составляла от 82,3 до 98,5 %, а в фитомассе листвы – 89 – 99,4%. За анализируемый период на шести пробных площадях из девяти карагана сохранила статус преобладающей в подлеске породы. На трех участках за прошедшие полвека преимущество по надземной фитомассе перешло к яблоне лесной.

Объем депонированного за 51-летний период в фитомассе насаждений (древостой+подлесок) углерода существенно отличается по пробным площадям. Наиболее высокими значениями данного показателя (от 121,3 т/га и более) характеризуются высокобонитетные (Ia-I класса бонитета) и высокополнотные (полнота 1,0 и более) березово-тополевые насаждения 68–73-летнего возраста, а наименьшими (от 43,6 до 63,6 т/га) – 87-летние березняки более низкой производительности (II и III классы бонитета) и полноты. Среднее годовичное депонирование углерода за анализируемый период тесно связано с характеристиками исследуемых насаждений и изменяется в пределах от 0,85 до 3,67 т/га, а в среднем по всем объектам составляет 2,05 т/га.

Полученные нами данные по годовичному депонированию углерода заметно выше данных, приведенных в литературе для естественных и искусственных насаждений Урала. Это свидетельствует о высоком углерод депонирующем потенциале исследуемых ЗЛП. Видимо это связано с отсутствием в полосах высокой конкуренции между

растениями за свет и элементы питания, а также их повышенной влагообеспеченностью вследствие накопления снежных запасов в зимний период.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы.

Древостои в исследуемых ЗЛП при прочих равных условиях характеризуются существенно низкой густотой, более высоким средним диаметром и меньшей дифференциацией деревьев по диаметру, чем в естественных условиях.

В ЗЛП, как и в естественных древостоях, наблюдаются тесные взаимосвязи между размерами стволов и крон. Отношение диаметра крон к диаметру стволов зависит от породы. По уменьшению данного показателя исследуемые породы располагаются в следующий ряд: тополь (0,18), береза (0,16), лиственница (0,13) и сосна (0,12). В исследуемых древостоях высота ствола и диаметр кроны вместе объясняют от 64,4 до 89,5 % изменчивости диаметра стволов. Двухфакторные уравнения по оценке диаметра деревьев, в которые в качестве определяющих факторов включаются диаметр кроны и высота стволов, могут успешно применяться при дистанционных лесооценочных работах в ЗЛП.

По показателям санитарного и жизненного состояния древостои исследуемых ЗЛП относятся к категории «сильно ослабленные». В порядке ухудшения санитарного и жизненного состояния исследуемые древостои располагаются в следующий ряд: хвойные, березовые, тополевые. С увеличением возраста древостоев показатели их санитарного и жизненного состояния закономерно ухудшаются. Сильная ослабленность древостоев является одной из причин имеющихся фактов падения деревьев на железнодорожные пути.

В течение 51-летнего периода (с 1970 по 2021 годы) проявляется тенденция снижения класса бонитета насаждений, что связано с повышением их возраста. Преобладающие в 1970 году в ЗЛП древесные породы за этот период сохранили свой статус, хотя удельный вес их в составе насаждений изменился в ту или иную сторону; причем доля тополя имела тенденцию только в сторону уменьшения. В составе насаждений участие березы и сосны в качестве второстепенных пород повысилось, ели – сохранилось, а тополя – снизилось (на некоторых ПП до полного исчезновения).

Средний периодический прирост по общему запасу насаждений в зависимости от их таксационных показателей варьирует в широких пределах – от 2,1 до 10,9 м³/га. Наиболее высоким приростом характеризуются высокобонитетные и высокополнотные березово-тополевые насаждения 67–73-летнего возраста, а наиболее низким – 87-летние березняки III класса бонитета. Насаждения с лучшими приростами по запасу характеризуются и лучшим приростом по высоте. Максимальным значением среднего периодического прироста по высоте (0,31 м) характеризуются 67-летние древостои тополя. В целом, в течение анализируемого периода хвойные породы и береза отличались значительно большей устойчивостью, чем тополь. Тополь среди указанных пород является самым недолговечным. Его древостои, как отмечалось выше, в настоящее время относятся к категориям «спелые и перестойные», в которых отпад деревьев со временем будет только усиливаться.

В районе исследований в последние 70 лет наблюдалось поступательное увеличение объемов выпадающих осадков, в том числе зимних. Наибольшей вариацией за этот период характеризуются мартовские осадки (63,9 %), а наименьшей – декабрьские (46,2 %). Ряды распределения количества осадков в разрезе месяцев холодного периода года по всему 70-летнему периоду наиболее удачно описываются функцией Вейбулла,

которая может быть использована для разработки прогнозных моделей для оценки объемов и динамики приходной части осадков.

Сопоставление рассчитанных по данным последних 12 зим объемов снегоприноса со снегосборными характеристиками исследуемых защитных полос позволяет отметить, что защитные насаждения по конструкции на всех исследуемых объектах не соответствуют рекомендациям, а по количеству полос в системе – соответствуют только в половине случаев.

Степень и характер изменения скорости ветра под влиянием полос на разных участках железной дороги различны. Это связано с комплексом влияющих на ветровой поток факторов: ветропроницаемостью полос в системе, углами подхода ветрового потока к полосам, его скоростью в период замеров и др. В зимний период снижение средней скорости ветра на разных объектах составило от 54 до 78,2 %, а в летний – от 71 до 87,1 %. Защитные насаждения с отсутствием в составе хвойных пород в зимний период характеризуются значительно меньшей ветрозащитной эффективностью.

Характер распределения и отложения снега в зоне мелиоративного влияния ЗЛП в основном определяется их ветропроницаемостью и специфичен для каждого объекта. На всех исследуемых объектах распределение снега в этой зоне не в полной мере соответствует классическому варианту снегозадержания вдоль транспортных путей. В настоящее время в зимний период большинство исследуемых полос имеет ажурную конструкцию. Полосы такой конструкции не рекомендуются в качестве снегозащитных насаждений в полосе отвода железных дорог. В целом, невысокая эффективность снегозащитной «работы» функционирующих защитных полос в многоснежные зимы на снегозаносимых участках может стать причиной выхода снега на дорогу.

Исследуемые ЗЛП отличаются высоким углерод депонирующим потенциалом. Среднее годовое депонирование углерода защитными насаждениями (древостой+подлесок) за 51-летний период изменяется в пределах от 0,85 до 3,67 т/га, а в среднем по всем объектам составляет 2,05 т/га. Эти цифры несколько выше данных, приведенных в специальной литературе для естественных и искусственных насаждений Урала и свидетельствует о высоком углерод депонирующем потенциале ЗЛП.

На основе проведенных исследований обоснован и предложен перечень лесохозяйственных мер, направленных на охрану, улучшение состояния и сохранение целевого назначения защитных полос. Он включает противопожарную опашку ЗЛП, уход за минерализованными полосами, их обновление и восстановление, рубку кустарников на омоложение, санитарно-оздоровительные мероприятия, мероприятия по реконструкции ЗЛП, приведение системы защитных насаждений на снегозаносимых участках в соответствие изменившимся объемам снегоприноса к путям.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Публикации в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных в ВАК РФ

1. Уразова, А. Ф. Оценка количества атмосферных осадков в целях анализа возможностей штатного функционирования снегозащитных лесных полос / А. Ф. Уразова, З. Я. Нагимов, Э. Ф. Герц, **П. Н. Уразов** // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. – 2022. – № 239. – С. 117–130.

2. Уразова, А. Ф. Оценка динамики температуры воздуха и количества осадков в целях проектирования защитных лесных полос вдоль железных дорог / А. Ф. Уразова, З. Я. Нагимов, Э. Ф. Герц, **П. Н. Уразов** // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Лес. Экология. Природопользование. – 2022. – № 4 (56). – С. 85–95.

3. Уразов, П. Н. Использование метода флуктуирующей асимметрии листьев березы повислой для оценки качества среды в защитных лесных полосах / **П. Н. Уразов**, А. В. Демидова, А. Ф. Уразова // Леса России и хозяйство в них. – 2023. – № 3 (86). – С. 14–20.

4. Уразова, А. Ф. Оценка снегозадерживающей способности защитных лесных полос вдоль железнодорожной линии Екатеринбург-Каменск-Уральский / А. Ф. Уразова, З. Я. Нагимов, **П. Н. Уразов** // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. – 2024. – № 248. – С. 43–56.

5. Уразова, А. Ф. Таксационная характеристика защитных лесных полос вдоль железной дороги Екатеринбург - Каменск-Уральский / А. Ф. Уразова, В. З. Нагимов, **П. Н. Уразов** // Леса России и хозяйство в них. – 2024. – № 1 (88). – С. 101–111.

6. Уразов, П. Н. Оценка соответствия конструктивных характеристик защитных лесных полос объемам снегоприноса на участках Свердловской железной дороги / **П. Н. Уразов**, З. Я. Нагимов, Э. Ф. Герц, А. Ф. Уразова, В. З. Нагимов // Труды Санкт-Петербургского научно-исследовательского института лесного хозяйства. – 2024. – № 1. – С. 19–27.

7. Уразов, П. Н. Структура надземной фитомассы насаждений в защитных лесных полосах Свердловской железной дороги / **П. Н. Уразов**, В. А. Усольцев, А. Ф. Уразова // Леса России и хозяйство в них. – 2025. – № 1 (92). – С. 4–17.

8. Уразов, П. Н. Модели диаметра ствола в зависимости от высоты дерева и диаметра кроны в защитных лесных полосах Свердловской железной дороги / **П. Н. Уразов**, В. А. Усольцев, А. Ф. Уразова // Леса России и хозяйство в них. – 2025. – № 2 (93). – С. 35–44.

9. Уразов, П. Н. Морфология кроны деревьев в защитных лесных полосах вдоль железной дороги Екатеринбург - Каменск-Уральский / **П. Н. Уразов**, В. А. Усольцев, А. Ф. Уразова, Н. И. Плюха // Леса России и хозяйство в них. – 2025. – № 3 (94). – С. 22–29.

10. Уразов, П. Н. Динамика надземной фитомассы и депонирование углерода в защитных лесополосах вдоль Свердловской железной дороги / **П. Н. Уразов**, В. А. Усольцев, А. Ф. Уразова, Н. И. Плюха // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Лес. Экология. Природопользование. – 2025. – № 2 (66). – С. 6–20.

Статьи в других изданиях:

1. Уразов, П. Н. Роль защитных насаждений вдоль железных дорог / П. Н. Уразов, А. В. Демидова // Инновации. Наука. Образование. – 2021. – № 45. – С. 399–402.

2. Герц, Э. Ф. Эффективность защитных лесных полос вдоль железной дороги Э. Ф. Герц, А. Ф. Уразова, Е. В. Курдышева, **П. Н. Уразов** // Вестник АГАТУ. – 2021. № 1 (1). – С. 56–60.

3. Мехренцев, А. В. Принципы формирования мультифункциональной машины для работ в полосе отвода железных дорог / А. В. Мехренцев, Э. Ф. Герц, В. А. Азаренок, А. Ф. Уразова, **П. Н. Уразов** // Передовые технологии и материалы будущего: Сборник статей IV Международной научно-технической конференции. В 3-х томах. – Минск, 2021. – С. 196–202.

4. Уразова, А. Ф. Визуальная оценка состояния защитных лесных насаждений Свердловской железной дороги (на примере участка дороги Екатеринбург - Каменск-Уральский) / А. Ф. Уразова, **П. Н. Уразов** // Актуальные проблемы развития лесного комплекса: Сборник статей XIX Международной научно-технической конференции. – Вологда, 2021. – С. 130–133.

5. Демидова, А. В. Конструкции защитных лесных полос вдоль Свердловской железной дороги / А. В. Демидова, **П. Н. Уразов**, А. Ф. Уразова // Актуальные проблемы лесного комплекса: Сборник статей. – Брянск, 2022. – № 61. – С. 19–22.
6. Уразова, А. Ф. Тополь и береза в защитных лесных полосах / **П. Н. Уразов**, А. Ф. Уразова // Актуальные проблемы лесного комплекса: Сборник статей. – Брянск, 2022. – № 61. – С. 140–142.
7. Уразова, А. Ф. Особенности инвентаризации защитных лесных полос (на примере Свердловской железной дороги) / А. Ф. Уразова, З. Я. Нагимов, **П. Н. Уразов**, И. С. Сальникова // Леса России: политика, промышленность, наука, образование: Сборник статей VII Всероссийской научно-технической конференции. – Санкт-Петербург, 2022. – С. 357–360.
8. Демидова, А. В. Особенности возникновения захламлённости в защитных лесополосах Свердловской железной дороги / А. В. Демидова, **П. Н. Уразов**, А. Ф. Уразова // Научное творчество молодежи - лесному комплексу России: Материалы XVIII Всероссийской научно-технической конференции. – Екатеринбург: УГЛТУ, 2022. – С. 101–105.
9. Уразов, П. Н. Особенности создания снегозащитных лесных полос / **П. Н. Уразов**, А. В. Демидова, А. Ф. Уразова // Актуальные проблемы лесного комплекса: Сборник статей. – Брянск, 2023. – № 63. – С. 260–262.
10. Уразов, П. Н. К вопросу об оценке состояния защитных лесных полос / **П. Н. Уразов**, А. Ф. Уразова // Актуальные проблемы лесного комплекса: Сборник статей. – Брянск, 2023. – № 64. – С. 252–254.
11. Уразов, П. Н. К вопросу об определении снегоприноса к пути при проектировании защитных лесных полос / А. Ф. Уразова, **П. Н. Уразов** // Леса России: политика, промышленность, наука, образование: Сборник статей VIII Всероссийской научно-технической конференции. – Санкт-Петербург, 2023. – С. 375–377.
12. Уразов, П. Н. Схемы размещения древесных и кустарниковых пород в защитных лесных полосах / **П. Н. Уразов** // Актуальные проблемы лесного комплекса: Сборник статей. – Брянск, 2024. – № 66. – С. 256–257.
13. Уразов, П. Н. Анализ работоспособности снегозащитных лесных полос Свердловской железной дороги / **П. Н. Уразов**, А. Ф. Уразова // Эффективный ответ на современные вызовы с учетом взаимодействия человека и природы, человека и технологий: Материалы XV Международной научно-технической конференции. – Екатеринбург, 2024. – С. 278–282.
14. Уразов, П. Н. Структура и видовой состав защитных лесополос участка пути Екатеринбург – Каменск-Уральский / **П. Н. Уразов**, З. Я. Нагимов // Научное творчество молодежи – лесному комплексу России: Материалы XX Всероссийской (национальной) научно-технической конференции. – Екатеринбург, 2024. – С. 388–391.
15. Уразов, П. Н. Принципы создания железнодорожных лесонасаждений / **П. Н. Уразов** // Вестник молодого ученого БГИТУ: Сборник статей, посвященный 95-летию университета. – Брянск, 2024. – С. 294–295.

Отзывы на автореферат просим направить в 1 экземпляре по адресу:
620100 г. Екатеринбург, Сибирский тракт, 37 УГЛТУ,
ученому секретарю диссертационного совета 24.2.424.02 Магасумовой А. Г.
E-mail: dissovet.usfeu@mail.ru

Подписано в печать «__» __ 2026. Объем 1,0 авт. л. Заказ № ____. Тираж 100.
620100, г. Екатеринбург, Сибирский тракт, 37.
ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет».
Сектор оперативной полиграфии РИО.