

*На правах рукописи*

Здорнов Игорь Александрович

**СТРУКТУРА, СОСТОЯНИЕ И ЗАЩИТНО-МЕЛИОРАТИВНАЯ  
ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИДОРОЖНЫХ ЛЕСНЫХ ПОЛОС  
СЕВЕРНОГО КАЗАХСТАНА**

06.03.02 – Лесоведение, лесоводство,  
лесоустройство и лесная таксация

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата сельскохозяйственных наук

Екатеринбург – 2020

Работа выполнена в  
ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет»

Научный руководитель:	доктор сельскохозяйственных наук, профессор Нагимов Зуфар Ягфарович.
Официальные оппоненты:	Шавнин Сергей Александрович, доктор биологических наук, профессор, ФГБУН Ботанический сад Уральского отделения РАН, лаборатория экологии древесных растений, заведующий;  Колтунова Александра Ивановна, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный аграрный университет», кафедра лесоводства и лесопаркового хозяйства, профессор.
Ведущая организация:	ФГБОУ ВО «Башкирский государственный аграрный университет».

Защита состоится «25» декабря 2020 г. в 12<sup>00</sup> часов на заседании диссертационного совета Д 212.281.01. при ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет» по адресу: 620100, г. Екатеринбург, Сибирский тракт, 37, УЛК-1 ауд. 401.

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

Автореферат разослан «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 г.

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

Магасумова  
Альфия Гаптрауфовна

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы.** В малолесных районах Северного Казахстана защитно-мелиоративную роль придорожных защитных лесных полос (ПрЗЛП) трудно переоценить. Являясь неотъемлемой частью экологического каркаса территории, они не только защищают дороги от снежных заносов, но и выступают одновременно в роли полевых защитных полос, выполняют санитарно-гигиенические и социальные функции.

Несмотря на важное значение защитных лесных полос для экологии и экономики региона, в последние десятилетия в них не проводились необходимые мероприятия по поддержанию их конструкции, сохранению выполняемых ими функций и улучшению санитарного состояния. Известно, что защитные насаждения нуждаются в регулярном уходе, и только тогда они эффективно выполняют свои функции.

Полезные функции защитных насаждений во многом определяются их количественными и качественными характеристиками. Поэтому эффективность работ по созданию и эксплуатации защитных лесных полос во многом зависит от степени изученности таксационной структуры, состояния и защитно-мелиоративных свойств функционирующих на исследуемой территории защитных насаждений. В последние годы признается, что мелиоративное влияние защитных полос определяется фитомассой их насаждений (Танюкевич, 2013, 2017; Танюкевич, Ивонин, 2014). К настоящему времени накоплен огромный материал по фитомассе естественных насаждений, а защитные полосы в этом отношении остаются слабоизученными.

**Степень разработанности темы.** Вопросам защитного лесоразведения, мелиоративной роли защитных лесных полос, в том числе на территории Северного Казахстана, посвящено большое количество работ (Матякин, 1952, 1962, 1971; Шерлин, 1957; Адрианов, 1970; Вислогузов, 1970; Бозриков, 2000, 2005; Данчев, 2013; и др.). Вместе с тем, вопросы таксационной структуры ПрЗЛП изучены крайне недостаточно. Фрагментарный характер носят исследования фитомассы защитных полос (Долгилевич и др., 1982; Танюкевич, 2015), практически нет сведений о приростах деревьев и древостоев в защитных полосах.

Диссертация является законченным научным исследованием.

**Цель и задачи исследования.** Основная цель работы - комплексная оценка структуры, состояния, надземной фитомассы, защитно-мелиоративных свойств ПрЗЛП и прироста деревьев в них в условиях Северного Казахстана.

В соответствии с поставленной целью были сформулированы следующие задачи исследований:

- оценка таксационных показателей древостоев и конструктивных особенностей ПрЗЛП;
- изучение особенностей дифференциации деревьев по размерам стволов и крон в придорожных полосах разного породного состава и возраста;
- оценка санитарного состояния и устойчивости деревьев в придорожных полосах различных пород;
- исследование надземной фитомассы деревьев и древостоев берёзы в придорожных полосах;
- оценка ветрозащитной эффективности защитных полос разных пород и конструкций;
- изучение характеристик снежного покрова в зоне влияния полос;
- анализ связей радиального прироста деревьев в защитных полосах с основными климатическими показателями.

**Научная новизна.** Впервые в условиях Северного Казахстана проведены комплексные лесоводственно-таксационные и экологические исследования в ПрЗЛП. Произведено ранжирование защитных полос разных пород по величине показателей роста и продуктивности, степени дифференциации деревьев по размерам стволов и крон, санитарному и жизненному состоянию древостоев. В придорожных защитных полосах берёзы выявлены особенности формирования надземной фитомассы деревьев и древостоев и фитонасыщенность. Произведена оценка влияния породного состава и конструктивных особенностей полос на ветровой режим и снегонакопление. Впервые в районе исследований установлена взаимосвязь между радиальным приростом деревьев в полосах и климатическими показателями.

**Теоретическая и практическая значимость работы.** Результаты исследований расширяют современные знания о структуре, состоянии, устойчивости и защитно-мелиоративной роли ПрЗЛП и могут служить теоретической и информационной базой для проектирования и проведения лесохозяйственных мероприятий, направленных на оптимизацию конструкций и улучшение условий функционирования полос. Данные о фитонасыщенности могут быть использованы при изучении защитно-мелиоративной роли надземной фитомассы лесных полос.

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

**Методология и методы исследований.** В основу исследований положена комплексная, многоаспектная оценка ПрЗЛП с применением апробированных методов оценки структуры и состояния древостоев, а также методов, применяемых при дендрохронологических исследованиях и изучении мелиоративных свойств защитных насаждений.

**Положения, выносимые на защиту.**

1. ПрЗЛП разных пород (тополя, берёзы, сосны, клёна и вяза) при одинаковом возрасте существенно отличаются дифференциацией деревьев по размерам стволов и крон, показателями роста, продуктивности и санитарного состояния древостоев.

2. Ветрозащитные и снегораспределительные свойства ПрЗЛП зависят от их возраста, породного состава, конструктивных особенностей и расположения относительно господствующих ветров.

3. В многорядных защитных полосах на показатели роста, санитарного и жизненного состояния, надземной фитомассы и прироста деревьев существенное влияние оказывает дополнительный фактор – опушечный (краевой) эффект.

4. В условиях Северного Казахстана радиальный прирост в берёзовых древостоях придорожных полос находится под сильным влиянием климатических факторов; влияние лимитирующих факторов (осадки и температура) на радиальный прирост при прочих равных условиях более выражено в степной зоне, на южных опушках и в центральных рядах полос.

**Степень достоверности результатов.** Достоверность результатов подтверждается достаточным объемом экспериментальных материалов, собранных с применением научно обоснованных апробированных методик, использованием прикладных компьютерных программ и современных методов обработки, анализа и оценки достоверности данных.

**Апробация результатов.** Основные результаты и положения исследований были представлены на международных (Москва, 2016, 2017, 2018; Екатеринбург, 2017, 2019) и всероссийских (Екатеринбург, 2016, 2017, 2018, 2019) научных и научно-технических конференциях.

**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.

**Публикации.** По теме диссертации опубликованы 18 работ, в том числе 4 в изданиях из списка ВАК.

**Структура и объём диссертации.** Диссертация состоит из введения, 6 глав, заключения, списка литературы из 202 наименований (в т.ч. 13 на иностранных языках) и 3 приложений. Она изложена на 281 странице, содержит 31 таблицу и 92 рисунка.

### **1. Состояние исследуемого вопроса**

В главе приведен анализ работ, посвященных состоянию, проблемам и перспективам защитного лесоразведения на территории Западной Сибири и Северного Казахстана (Голубинский, 1946, 1960; Бальчугов, 1949; Берников, 1950; Матякин, 1952, 1962, 1967, 1971; Шерлин, 1957; Адрианов, 1960, 1970; Денисов, 1962; Ламин, 1962; Васильев, 1965, 1977; Бозриков, 1968, 1980, 1997, 2000, 2005; Вислогузов, 1970; Евсеенко, 1981; Ишутин 2005; и др.). Особое внимание уделено изучению научных работ по созданию снегозащитных насаждений вдоль дорог и оценке их защитно-мелиоративной эффективности и состояния в степных и лесостепных районах Северного Казахстана (Данчев, 2013; Шишкин, 2015; Кабанова, 2016; и др.).

### **2. Природно-климатические условия района исследований**

Район исследований расположен в южной части Западно-Сибирской равнины и частично – на территории Казахского мелкосопочника.

Климат района исследований резко континентальный, характеризуется дефицитом осадков, холодной зимой, теплым вегетационным периодом.

Поверхность района равнинная с небольшим уклоном к северу. Характерными элементами рельефа являются невысокие (5-10 м) гривы, приозерные понижения, широкие ложбины древнего стока (Агроклиматический справочник..., 1958). Основные типы почв: серые лесные, лугово-черноземные, каштановые и черноземы.

По характеру растительности территорию района можно разделить три части. На севере тянется неширокая лугово-лесная полоса, где леса располагаются достаточно крупными массивами. Южнее лежит типичная берёзовая лесостепь с лесными стровками-колками. На юге области преобладают степные пространства, здесь лишь изредка встречаются небольшие берёзовые колки.

### **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. Объекты и методика исследований**

Объектом исследований явились искусственно созданные ПрЗЛП различных конструкций и разного возраста на территории Северо-Казахстанской (лесостепная зона) и Костанайской (степная) областей. Они представлены древостоями следующих древесных пород: тополя бальзамического (Тбз), берёзы повислой (Бпв), сосны обыкновенной (Соб), вяза обыкновенного (Воб) и клёна ясенелистного (Кяс).

Исследования проводились методом пробных площадей (ПП), которые закладывались с учетом теоретических положений лесной таксации и требований ОСТ 56-69-83. В многорядных полосах с сохранившимися рядами переречет деревьев осуществлялся

дифференцированно по рядам посадки. На ПП значительное количество модельных деревьев (15-25 шт.) таксировалось без рубки. У них определялись диаметр (D) и высота (H) ствола, протяженность ( $L_k$ ) и диаметр ( $D_k$ ) кроны. Таксационные показатели модельных деревьев и древостоев определялись в соответствии с общепринятыми в лесотаксационной практике методами. При определении запаса древостоев на 1 га ширина ПрЗЛП определялась с учетом закраек (2 м). Объемы кроны ( $V_k$ ) деревьев находились по формулам:

$$\text{для деревьев сосны - } V_k = \pi D_k^2(L_k/12), \quad (3.1)$$

$$\text{а для лиственных деревьев - } V_k = \pi D_k^2(L_k/8) \quad (3.2)$$

На ПП в разные сезоны года были сделаны фотографии продольного профиля полос для оценки их конструкций.

**Оценка санитарного состояния** деревьев проводилась с использованием соответствующей шкалы (Правила санитарной безопасности..., 2017). Причем расчет средней категории состояния деревьев на пробных площадях производился двумя способами: а) путем приравнивания ветровальных, буреломных и снеголомных деревьев к свежему или старому сухостою; б) по соотношению количества деревьев всех одиннадцати категорий состояния. Дополнительно на всех пробных площадях определялось жизненное состояние древостоя, Алексеев (1990).

**Оценка фитотоксичности почв** осуществлялась методом биотестирования (Токсикологические методы контроля..., 2004), в основу которого положено сравнение суточного прироста клеток зеленой одноклеточной водоросли *Chlorella vulgaris* Beijer в контрольном и опытном вариантах. Отбор и обработка проб почвы производились по соответствующим методикам (Аринушкина, 1970; Пименова, 2009; Луганская, Луганский, 2011).

**Исследования надземной фитомассы** проводились с использованием методических рекомендаций В.А. Усольцева и З.Я. Нагимова (Усольцев, Нагимов, 1988). Модельные деревья отбирались средними по высоте, диаметру и размерам кроны для ступени толщины. Причем, в придорожных полосах с сохранившимися посадочными рядами формировались две выборки модельных деревьев (по 10 шт.): для крайнего и центрального рядов. Плотность надземной фитомассы лесных полос и количество аккумулированной в ней солнечной энергии определялись в соответствии с методическими рекомендациями (Танюкевич, 2013, 2015).

**Исследования мелиоративных функций** ПрЗЛП выполнялись на профилях, проложенных перпендикулярно по отношению к защитной полосе по обе её стороны. На профилях фиксировались пункты для замеров скорости ветра (на расстояниях, кратных мелиоративной высоте (h) исследуемых полос - 1h, 2h...10h.) и глубины снежного покрова. Определение скорости ветрового потока, его кинетической энергии, снеговая съемка, оценка плотности снега и запаса снеговой воды на пунктах, проводились с использованием апробированных методик (Адрианов, 1970; Морозов, 2006; Танюкевич, 2013; и др.).

**Исследования радиального прироста** проводились в 13-рядных ПрЗЛП берёзы повислой, произрастающих в лесостепной и степной зонах. Отбор кернов на ПП осуществлялся из центрального (7 ряд) и крайних (1 и 13) рядов посадки с помощью возрастного бурава «Naglof» по следующему принципу: с северной опушки полосы керн отбирался по радиусу от периферии ствола по направлению С-Ю; с южной опушки по такому же принципу, но в направлении Ю-С; в центральном ряду керн отбирался сквозным (через всю толщину дерева). Дендрохронологический анализ выполнялся на изме-

рительном комплексе LINTAB-6.0 по апробированным методикам (Дендроклиматические исследования..., 1996; Тишин, 2015).

### 3.3. Объем выполненных работ

Исследования проводились с 2014 по 2020 г.г. В ПрЗЛП заложено 24 ПП, на которых замерено 5883 диаметров и 777 высот деревьев. У 298 деревьев определены протяженность и диаметр крон. На 15 ПП проведено 1254 измерения скорости ветрового потока в зимний, весенний и летний периоды. На этих же ПП проведено 848 измерений высоты снежного покрова, а на 6 из них - отобраны 85 снежных кернов. Взято 45 образцов почвы. У 60 модельных деревьев берёзы определена надземная фитомасса по фракциям. Построены 8 обобщенных древесно-кольцевых хронологий (ДКХ), на основе измерений 3807 годичных колец на 90 кернах.

## 4. Структура, состояние и надземная фитомасса придорожных защитных лесных полос

### 4.1. Таксационная и конструктивная характеристика лесных полос

Таксационная характеристика исследованных древостоев приведена в табл.1.

Таблица 1. – Таксационная характеристика древостоев ПрЗЛП

№ П П	Порода	Возраст, лет	Средние		Запас, м <sup>3</sup> /га		Густота, шт./га	Класс бонитета
			диаметр, см	высота, м	общий	сухостоя		
1	Бпв	57	18,6±0,26	17,64±0,9	496,7	9,6	2202	II
2	Тбз	47	25,0±0,19	18,70±0,8	408,1	21,7	1159	II
3	Соб	47	24,6±0,33	10,06±0,3	178,0	1,9	475	IV
4	Тбз	47	41,4±1,54	21,82±0,9	737,4	2,2	669	I
5	Кяс	47	15,8±0,21	10,08±0,4	296,9	77,2	3000	III
6	Тбз	47	34,9±0,47	22,92±0,9	778,4	1,0	1015	I
7	Тбз	38	24,7±0,99	16,48±1,1	255,1	0,5	738	II
8	Тбз	47	30,6±0,42	19,61±0,9	734,3	9,7	1363	II
9	Бпв	27	16,9±0,37	13,95±0,7	93,2	–	646	Ia
10	Бпв	27	20,1±0,23	16,11±0,8	88,0	–	428	Ia
11	Воб	47	12,0±0,73	6,49±0,4	107,4	31,7	2063	V
12	Бпв	57	18,0±0,28	15,64±1,0	356,3	4,0	1707	III
13	Воб	47	12,3±0,48	8,81±0,4	222,6	9,7	4148	IV
14	Воб	47	11,2±0,54	8,32±0,6	202,9	33,5	4612	IV
15	Тбз	47	39,0±1,43	23,77±1,1	666,9	0,2	677	I
16	Бпв	38	22,4±0,41	18,50±0,9	385,1	24,9	1342	I
17	Бпв	54	16,2±0,21	15,24±0,7	272,0	16,9	2090	III
18	Бпв	55	15,4±0,14	15,16±0,8	285,1	11,1	2414	III
19	Бпв	55	18,6±0,39	17,36±0,9	241,7	6,4	1291	II
20	Бпв	41	15,4±0,32	15,91±0,5	323,5	14,3	2788	II
21	Тбз	47	26,4±0,34	20,93±0,9	578,4	9,9	1333	II
22	Тбз	48	22,7±0,14	17,59±0,6	356,9	7,9	1268	II
23	Тбз	38	23,8±0,25	17,18±0,7	505,4	3,9	1598	II
24	Тбз	58	20,8±0,30	16,65±0,5	440,7	31,7	1807	III

Из 24 исследованных ПрЗЛП 8 имеют ажурную конструкцию, 2 - плотную, остальные 14 - различные переходные формы. В исследуемых защитных полосах при одинаковом (примерно одинаковом) возрасте древостои разных пород характеризуются различными таксационными показателями. Наиболее высокие показатели (сред-

ние значения диаметра и высоты и запас) характерны древостоям тополя бальзамического. На втором месте по этому признаку находятся древостои берёзы повислой. Далее по убыванию таксационных показателей располагаются древостои сосны обыкновенной, клёна ясенелистного и вяза обыкновенного.

Таксационные показатели древостоев в защитных полосах, как и в естественных насаждениях, тесно связаны с густотой их произрастания. Влияние густоты (N) на средние значения диаметра (D) и высоты (H) древостоев корректно можно оценить на примере тополевых защитных полос 47-летнего возраста (рис. 1).

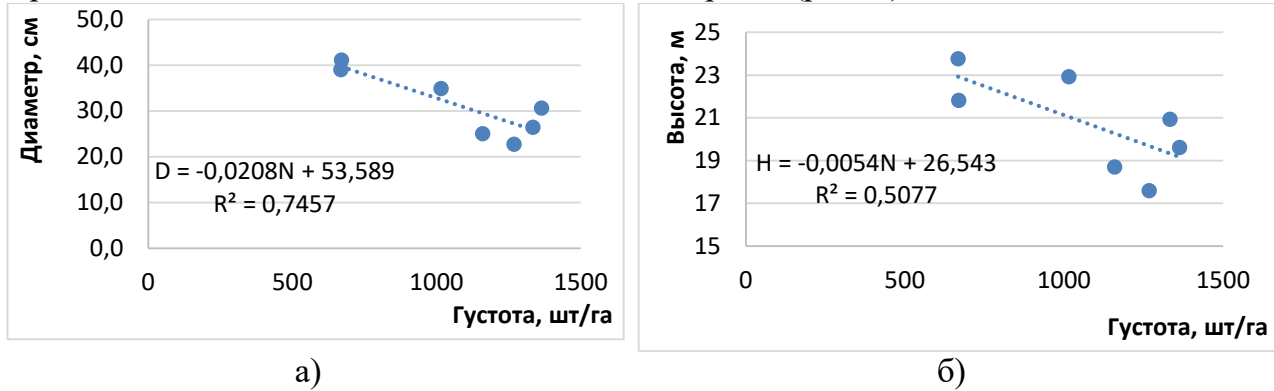


Рисунок 1. - Зависимость среднего диаметра (а) и средней высоты (б) древостоев тополя 47- летнего возраста от густоты произрастания.

Данные приведенные на рис.1 показывают, что средний диаметр и средняя высота древостоев тополя в исследуемых полосах закономерно уменьшаются с увеличением их густоты. Представленные зависимости в исследуемом, сравнительно узком диапазоне густоты, корректно описываются уравнением прямой.

#### 4.2. Дифференциация деревьев в придорожных защитных лесных полосах

По увеличению степени изменчивости таксационные показатели стволов и крон можно расположить в следующий ряд: высота деревьев (диапазон изменения коэффициента вариации по пробным площадям от 10,5 до 34,0%; среднее значение - 20,6%), протяженность крон (от 13,4 до 35,9%; 22,2%), диаметр крон (от 17,5 до 37,0%; 25,8%), диаметр стволов (от 16,8 до 56,5%; 34,1%), площадь поверхности крон (от 23,8 до 77,4%; 41,4%) и объем крон (от 37,8 до 85,8%; 61,0%). При прочих равных условиях наименьшей изменчивостью указанных показателей характеризуются защитные полосы тополя и сосны, а наибольшей – вяза. Защитные полосы берёзы и клёна по этому признаку занимают промежуточное положение. Такое положение, на наш взгляд, связано с отношением древесных пород к свету.

В защитных полосах, как и в естественных древостоях, с увеличением возраста деревьев их дифференциация по размерам стволов и крон закономерно уменьшается. Это уменьшение наиболее отчетливо проявляется в тополевых полосах, которые охвачены большим числом ПП (табл. 2).

Таблица 2.- Изменение коэффициентов вариации таксационных показателей стволов и крон деревьев с увеличением возраста в тополевых полосах

Таксационные показатели	Коэффициенты вариации по классам возраста, %		
	IV	V	VI
Высота стволов	21,5	17,9	10,5
Диаметр стволов	35,8	22,6	23,7
Протяженность крон	22,7	17,7	
Диаметр крон	23,0	20,8	-
Площадь поверхности крон	37,8	30,2	
Объем крон	53,2	50,0	-



При сравнении полученных нами результатов с данными других исследователей выявляется, что при прочих равных условиях дифференциация деревьев по диаметру и высоте в защитных полосах несколько ниже, чем в естественных древостоях. Этот факт является косвенным показателем меньшей стабильности и устойчивости защитных полос по сравнению с массивами естественных сомкнутых насаждений.

### 4.3. Санитарное состояние защитных полос

Санитарное состояние насаждений защитных полос в значительной степени зависит от породного состава. В порядке ухудшения этого показателя исследуемые полосы образуют следующий ряд: сосновая (средняя категория состояния 2,42), тополевые (2,53), берёзовые (2,57), вязовые (3,45) и клёновая (4,89). По относительному жизненному состоянию ( $L_n$ ) защитные полосы разных пород располагаются в следующем порядке. Среднее значение этого показателя для берёзовых полос составляет 70,7%, сосновой – 61,4%, тополевых – 60,0%, вязовых – 43,4% и клёновой – 32,8%.

При анализе берёзовых и тополевых полос выявляется, что с возрастом степень ослабления насаждений увеличивается. В 27-летних насаждениях берёзы средняя категория санитарного состояния составляет 1,63, а показатель относительного жизненного состояния  $L_n$  – 80,7%. В возрасте 57 лет эти показатели, соответственно, равны 2,06 и 76,1%. Такая же закономерность прослеживается в защитных насаждениях из тополя: в возрасте 38 лет балл санитарного состояния равен 2,08, а показатель  $L_n$  – 70,1%, в 47-летнем возрасте эти показатели составляют, соответственно, 2,32 и 63,4%, а в 58-летним – 3,55 и 49,8%.

При прочих равных условиях санитарное состояние полос в лесостепной зоне значительно лучше, чем в степной. Так, средняя категория санитарного состояния берёзовых полос в условиях лесостепи составляет 1,85, а в степи – 3,14.

В целом, по санитарному состоянию исследованные полосы характеризуются следующим образом: сосновая – ослабленная; из 10 полос тополя – 8 ослабленные, 1 сильно ослабленная и 1 усыхающая; 5 полос из берёзы в условиях лесостепной зоны – ослабленные, а 4 полосы в условиях степной зоны – сильно ослабленные; 2 полосы из вяза – сильно ослабленные, а 1 – усыхающая; клёновая – погибшая.

В многорядных полосах на жизнедеятельность деревьев оказывает влияние их пространственное размещение и густота, которые обуславливают степень конкурентных взаимоотношений между ними. Об этом свидетельствуют данные о средневзвешенных категориях состояния деревьев, рассчитанные отдельно для каждого ряда защитной полосы. Такие данные на примере 13-рядной берёзовой полосы представлены на рис. 2.

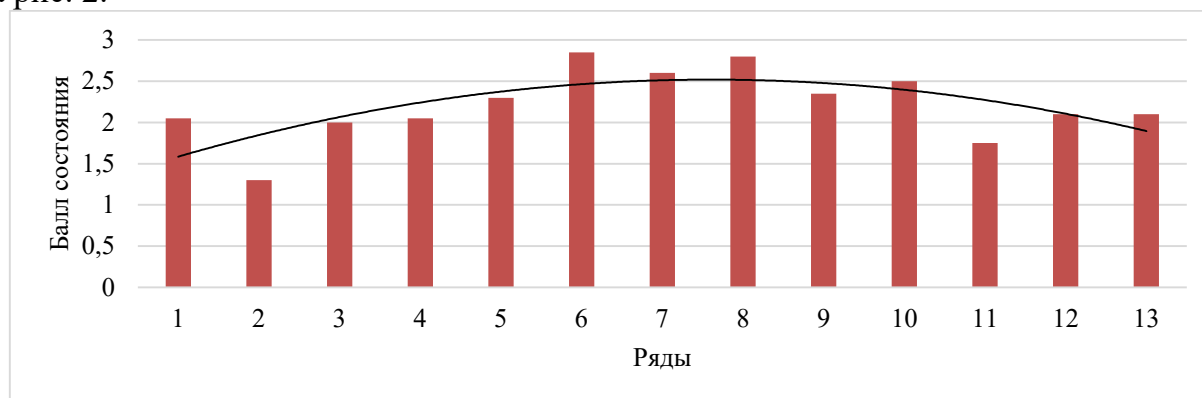


Рисунок 2. – Средние баллы санитарного состояния деревьев в рядах посадки в 57-летней берёзовой полосе.

Анализ материалов рис.2 свидетельствует, что наиболее высокие значения среднего балла санитарного состояния характерны центральным рядам полосы (с 5 по 10), в которых деревья находятся в более жестких конкурентных взаимоотношениях за свет и элементы питания. Следует отметить, что в этом отношении деревья крайних рядов полосы (1 и 13), находятся в наиболее благоприятном положении. Однако их санитарное состояние не самое лучшее, по этому признаку они заметно уступают деревьям 2 и 11 ряда. На наш взгляд это связано с тем, что деревья крайних рядов в большей степени подвержены негативным воздействиям со стороны автомобильной дороги (1 ряд) и открытых пространств (13 ряд), которые ухудшают их состояние. Аналогичные результаты получены по другим многорядным защитным полосам.

#### **4.4. Фитотоксичность почв в пределах защитных лесных полос**

Большинство проб почвы в пределах придорожных полос являются фитотоксичными. Степень их токсичности меняется от слабой до гипертоксичной. Показатели рН и фитотоксичности почв зависят от расстояния до дороги и комбинации загрязняющих веществ, аккумулированных в почвах под пологом насаждений и в полосе отвода автомобильной дороги. Четкой закономерной связи между санитарным состоянием исследуемых полос и степенью токсичности почвы выявлено не было:

Содержание углерода гумуса в почвах исследованных полос изменяется в незначительных пределах - от 2,65 до 3,24%. Это свидетельствует о достаточной однородности почвенных условий в них для роста растений.

#### **4.5. Относительная высота древостоев защитных полос**

Информативным количественным показателем напряженности внутривидовой конкуренции и устойчивости деревьев считается их относительная высота  $H/D$  (Кузьмичев, 2013). Установлено, что по величине этого показателя древостои 61,5% исследованных полос относятся к устойчивым ( $H/D \leq 80$ ), а 7,7% - к неустойчивым ( $H/D > 100$ ). Древостои остальных полос находятся в пограничной зоне.

В многорядных полосах наблюдается устойчивая тенденция повышения значений  $H/D$  в центральных посадочных рядах, в которых, безусловно, выше напряженность конкурентных взаимоотношений между деревьями. В большинстве случаев ряды с худшими баллами санитарного состояния характеризуются и с худшими показателями относительной высоты. Поэтому при оценке общего санитарного состояния насаждений защитных полос, их стабильности и назначении санитарно-оздоровительных мероприятий, дополнительное определение показателя  $H/D$  обеспечит более надежные результаты.

#### **4.6. Фитомасса деревьев берёзы в придорожных защитных лесных полосах**

Исследования надземной фитомассы проводились в 4 защитных полосах берёзы. Возраст древостоев в двух полосах равен 27 годам, а в двух других – 57. В 57-летних древостоях с сохранившимися посадочными рядами фитомасса деревьев определялась отдельно для крайних и центральных рядов.

Зависимость фракций надземной фитомассы от диаметра деревьев корректно описывается степенной функцией  $y = ax^b$ . Ее статистические показатели, полученные при аппроксимации экспериментальных данных, приведены в табл. 3.

Разработанные уравнения и на их основе таблицы могут успешно применяться при оценке мелиоративной роли полос. Установлено, что в зависимости от возраста и размеров деревьев наблюдаются такие же, как и в естественных насаждениях, изменения надземной фитомассы. Деревья одинакового диаметра в старшем возрасте характеризуются более высокими значениями фитомассы стволов и низкими значениями фитомассы крон (листвы). В защитных лесных полосах на формирование надземной

Таблица 3 - Статистические характеристики уравнений вида  $y = ax^b$  по оценке фитомассы деревьев берёзы

Фракция фитомассы	Коэффициенты уравнения		Коэффициент детерминации ( $R^2$ )	Номер уравнения
	$a$	$b$		
Центральные ряды 57- летних древостоев				
Ствол	0,235	2,306	0,983	(4.1)
Крона	0,004	3,150	0,944	(4.2)
В том числе листва	0,001	2,987	0,944	(4.3)
Крайние ряды 57- летних древостоев				
Ствол	0,142	2,404	0,984	(4.4)
Крона	0,047	2,433	0,958	(4.5)
В том числе листва	0,009	2,416	0,956	(4.6)
27- летние древостои				
Ствол	0,416	2,074	0,982	(4.7)
Крона	0,087	2,267	0,977	(4.8)
В том числе листва	0,020	2,268	0,977	(4.9)

фитомассы деревьев существенное влияние оказывает дополнительный фактор – опусечный эффект. Деревья одинакового диаметра и возраста в крайних рядах лесных полос, по сравнению с центральными, характеризуются сравнительно низкими значениями высоты и видовых чисел и более интенсивным развитием крон, поэтому отличаются меньшей массой стволов (на 15-27%) и большей массой крон. Доля фитомассы стволов в общей надземной фитомассе уменьшается с увеличением диаметра и возраста деревьев, у деревьев одинакового возраста и диаметра она выше в центральных рядах лесных полос по сравнению с крайними.

**4.7. Фитомасса древостоев берёзы в придорожных защитных лесных полосах**

Запасы фракций надземной фитомассы древостоев берёзы на 1 га в исследуемых придорожных полосах приведены в табл. 4.

Таблица 4. - Запасы фракций надземной фитомассы древостоев берёзы на 1 га

№ ПП	Фитомасса в абсолютно сухом состоянии, т/га					
	общая фитомасса	стволов			крон	
		всего	в том числе		всего	в том числе листвы
			древесины	коры		
9	68,96	50,00	41,53	8,47	18,96	3,40
10	65,09	47,20	39,21	7,99	17,89	3,20
1	309,7	256,90	210,60	46,30	52,80	9,90
12	226,0	186,70	152,80	33,90	39,30	7,30

Значительная амплитуда изменения надземной фитомассы древостоев (от 65,09 до 309,7 т/га) объясняется различиями их густоты и возраста. С увеличением этих показателей повышается доля стволов в общей надземной фитомассе. В целом, изменения фракций надземной фитомассы и их соотношений в придорожных полосах аналогичны изменениям в естественных древостоях.

Мелиоративную роль лесных полос принято связывать с их конструкцией. В то же время доказано, что полосы визуальной одинаковой конструкции могут характеризоваться различной ветропроницаемостью и, как следствие, отличаться степенью мелиоративного влияния. Поэтому ряд исследователей (Долгилевич и др., 1982; Танюкевич, 2013) считают правильным мелиоративную эффективность полос оценивать по плотности их надземной фитомассы и количеству аккумулированной в ней солнечной

энергии. Данные показатели для исследуемых полос приведены в табл. 5. Представленные материалы свидетельствуют, что плотность надземной фитомассы в исследуемых лесных полосах варьирует в достаточно широких пределах.

Таблица 5. - Надземная фитомасса, её плотность и количество аккумулированной солнечной энергии в исследуемых придорожных полосах

№ ПП	Общая надземная фитомасса, т/га		Плотность надземной фитомассы, кг/м <sup>3</sup>		Количество аккумулированной энергии, МДж/м <sup>3</sup>
	в свежем состоянии	в абсолютно сухом	в свежем состоянии	в абсолютно сухом	
9	115,5	68,9	0,827	0,494	8,19
10	109,1	65,1	0,677	0,404	6,71
1	534,5	309,7	2,656	1,539	25,55
12	389,5	226,0	2,248	1,304	21,65

Таким образом, можно предположить, что в зоне мелиоративного влияния исследуемых придорожных полос с различной плотностью надземной фитомассы и количеством аккумулированной энергии будет формироваться разный ветровой режим.

## **5. Влияние придорожных защитных лесных полос на ветровой режим и снегонакопление**

### **5.1. Снижение скорости ветра под влиянием придорожных защитных лесных полос**

Исследуемые объекты объединены в две категории. К первой отнесены одиночно расположенные полосы, они рассматривались как система «автодорога–защитная полоса», а ко второй – полосы, параллельно расположенные по обе стороны автодороги, они рассматривались как система «автодорога–защитные полосы».

Степень снижения скорости ветрового потока в зимний период в системе «автодорога–защитная полоса» относительно его скорости в открытом поле варьирует в следующих пределах: у полос ажурной конструкции по пунктам наблюдений всех профилей от 10,7 до 72,2% (в среднем по пунктам наблюдений от 27,9 до 64,3%); плотной конструкции - от 21,0 до 91,5% (от 48,9 до 78,5%); ажурно-плотной конструкции - от 12,6 до 92,7% (от 36,2 до 71,7%); ажурно-продуваемой конструкции - от 28,6 до 92,1% (от 63,0 до 72,6 %).

В весенний период степень снижения скорости ветра составила: у полос ажурной конструкции от 15,3 до 68,2% (в среднем по пунктам наблюдений от 28,9 до 32,9%); плотной конструкции от 20,9 до 98,0% (от 43,3 до 71,0%); у ажурно-плотной конструкции от 16,6 до 89,2% (от 39,2 до 54,5%); ажурно-продуваемой конструкции от 13,1 до 85,1% (от 38,5 до 45,1%).

Степень снижения скорости ветрового потока в летний период передается следующими цифрами: у полос ажурной конструкции от 14,2 до 90,4% (в среднем по пунктам наблюдений от 43,3 до 67,6%); плотной конструкции от 17,1 до 91,4% (от 56,9 до 64,1%); ажурно-плотной конструкции от 15,0 до 90,3% (от 26,2 до 69,5%); ажурно-продуваемой конструкции от 24,6 до 96,7% (от 63,5 до 67,2%).

Величина снижения скорости ветрового потока под действием придорожных полос зависит от множества факторов: сезонов года, особенностей ветрового потока, его направления относительно лесной полосы и скорости, конструкции, ширины и ветропроницаемости полос. Степень ветрозащитной эффективности лесных полос достигает наибольшей величины при ветрах, угол подхода которых максимально приближен к

90° (направлен перпендикулярно к полосам). С изменением этого угла заметно меняется ветрозащитная эффективность полос.

Главным преимуществом параллельного расположения защитных полос по обе стороны автодороги является их способность эффективно снижать скорость ветра в пределах дороги, независимо от частой смены направления господствующих ветров. В системе «автодорога–защитные полосы» увеличивается также дальность защитного действия каждой из полос.

Характер изменений скорости ветрового потока в разные сезоны года системой «автодорога–защитные полосы» показан на графике (рис.3). На рисунке слева расположена ПП 12, справа – ПП 1; наветренная сторона в зимний и летний периоды – справа от ПП 1. ПП заложены в 13-рядных полосах берёзы ажурной конструкции.

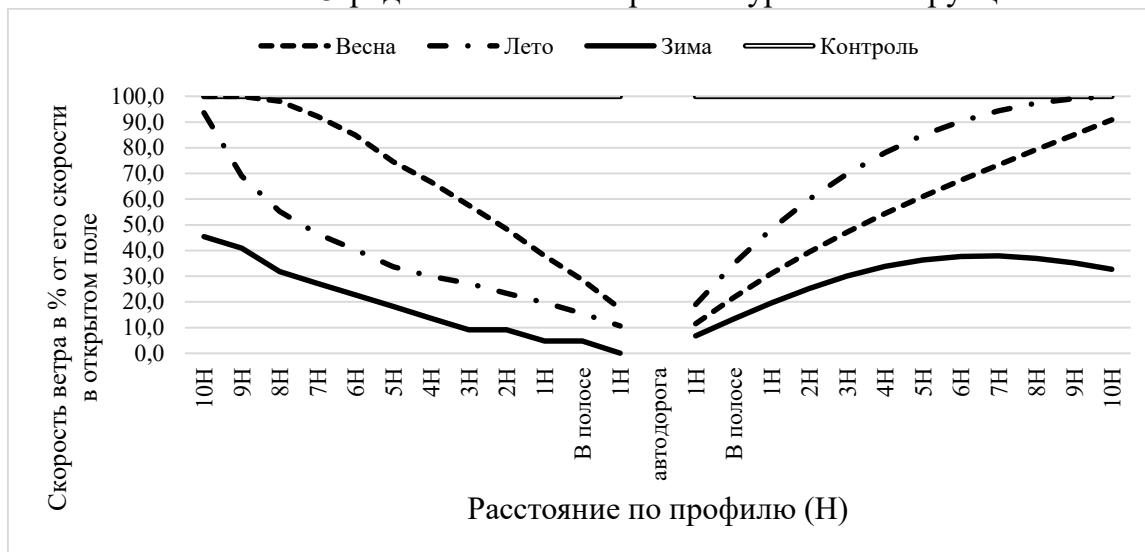


Рисунок 3 - Изменение скорости ветра в системе «автодорога–защитные полосы» при направлении господствующих ветров к полосам: весна –  $30^\circ$ , лето – ЮЗ  $45^\circ$ , зима – ЮЗ  $45^\circ$ .

В данной системе снижение скорости ветра в пределах автодороги в среднем составило в зимний период 96,5%; в летний – 75,0%; в весенний – 86,0%. Достоверность различий в скоростях ветрового потока в открытом поле и в зоне влияния защитной полосы подтверждается статистически с вероятностью 95%.

Влияние на скорость ветрового потока системы «автодорога–защитные полосы» в пределах автодороги значительно выше, чем одиночных полос (система автодорога–защитная полоса). С уменьшением расстояния между защитными полосами, расположенными в системе, и автодорогой наблюдается более эффективное снижение скорости ветрового потока непосредственно в полосе отвода автомобильной дороги.

Под влиянием защитных полос с различной фитомассой величина кинетической энергии ветра в приземном слое начинает существенно меняться не только на наветренной стороне, но и по мере приближения ветрового потока к полосам с наветренной стороны. Более эффективное влияние на уменьшение кинетической энергии ветра оказывает система «автодорога–защитные полосы»: в пределах автодороги во всех случаях энергия ветра была минимальной или полностью снижалась.

## 5.2. Снегораспределение под влиянием придорожных лесных полос

Отложение снежных масс и их перераспределение под действием лесных полос происходит неравномерно как в первую, так и во вторую половину зимы. Это связано с направлением господствующих зимних ветров, конструкцией и степенью продуваемости полос. При изучении снегораспределения получены следующие результаты:

- плотные по конструкции полосы формируют наименьший по длине шлейф в сторону поля (25-35 м), а большую часть снежных масс, приносимых к полосе, задерживают на опушке и внутри самой полосы;

- у полос ажурной и ажурно-продуваемой конструкций длина шлейфа в сторону поля находится в пределах от 40 до 90 м, либо снежный покров распределяется в зоне мелиоративного влияния полос с незначительным варьированием по высоте;

- полосы ажурно-плотной конструкции формируют снежный шлейф в сторону поля на удалении 30-35 м и в этом отношении они близки к полосам плотной конструкции;

- наличие кустарника внутри полосы или в опушечных рядах способствует задержанию и накоплению большего количества снежных масс, препятствуя их проникновению в полосу отвода автодороги;

- наличие растений естественного возобновления со стороны поля (как у одиночных полос, так и в системе) способствует существенному снегозадержанию - значительная часть снежных масс, приносимых с открытого поля, накапливается подростом, не достигая самих полос;

- полосы плотной в нижней части конструкции формируют высокие и крутые снежные валы (от 80 см до полутора метров);

- малая ширина защитных полос, отсутствие кустарника под их пологом, либо в опушечных рядах и, вследствие этого, высокая продуваемость, приводит к снежным заносам полотна автодороги на снегозаносимых участках; такое же положение может наблюдаться при небольших расстояниях от автодороги до защитной полосы;

- в системе «автодорога-защитные полосы» большая часть снега задерживается с ветроударной опушки той полосы, которая расположена перпендикулярно (либо угол подхода ветрового потока к полосе приближен к  $90^\circ$ ) направлению господствующих зимних ветров; внутри данной полосы высота снежного покрова заметно выше, чем в противоположной;

- небольшое расстояние от автодороги до защитной полосы плотной конструкции (расположенной в системе с ветроударной стороны по отношению к господствующим зимним ветрам) в особо снежные зимы может привести к напозанию снежного шлейфа на дорогу.

### **5.3. Характеристика снежного покрова под влиянием придорожных защитных лесных полос**

Высота, плотность снежного покрова и запас воды в нём зависят от особенностей ветрового потока, его направления относительно лесной полосы и скорости, конструкции, ширины и ветропроницаемости полос. Плотность снега на различном расстоянии от полос варьирует в значительных пределах - от 87,30 до 317,52 кг/м<sup>3</sup>. Наибольшие (в среднем) показатели плотности снежного покрова зафиксированы с наветренной стороны (поле) на удалении от 5 до 30 м у полосы ажурной конструкции (245,12 кг/м<sup>3</sup>) и у полосы плотной конструкции в сторону автодороги на удалении от 5 до 20 м (209,15 кг/м<sup>3</sup>). Накапливаемый снег не только в самих полосах, но и на прилегающих территориях как с наветренной, так и с заветренной сторон, является источником значительного количества влаги - от 39,81 до 405,06 мм.

## **6. Радиальный прирост деревьев в придорожных защитных лесных полосах**

### **6.1. Длительность хронологий**

На основе анализа 90 кернов, взятых в 13-рядных полосах берёзы в степной и

лесостепной зонах, получены 8 обобщенных древесно-кольцевых хронологий, которым присвоены следующие обозначения: по северной опушке полосы - «КС» (по Костаная) и «ПС» (по Петропавловску), по южной опушке - «КЮ» (по Костаная) и «ПЮ» (по Петропавловску); для северной стороны центрального ряда – «КЦс» (по Костаная) и «ПЦс» (по Петропавловску); для южной стороны центрального ряда – «КЦю» (по Костаная) и «ПЦю» (по Петропавловску).

Длительность полученных хронологий относительно невелика (зависит от возраста исследуемых полос) и варьирует от 40 до 57 лет. Средняя ширина годичных колец в построенных хронологиях в зависимости от ряда лесной полосы и лесорастительных условий варьирует от 1,30 до 2,81 мм, а максимальная ширина находится в пределах от 6,43 до 9,34 мм.

Все полученные древесно-кольцевые хронологии характеризуются достаточно высоким коэффициентом чувствительности, значения которого изменяются от 0,31 до 0,55. Значения данного показателя возрастают по мере ухудшения лесорастительных условий (в степной зоне  $K_s = 0,47-0,55$ , а в лесостепной 0,31-0,50) и в направлении от крайних рядов к центральным. Достаточно высокие коэффициенты чувствительности свидетельствуют, что в условиях Северного Казахстана радиальный прирост в придорожных полосах берёзы находится под сильным влиянием климатических условий.

Показатели корреляции между сериями (автокорреляция I-го порядка) свидетельствуют о высокой связи величины прироста предшествующего года с приростом текущего года. В условиях степной зоны наблюдаются более высокие показатели автокорреляции I-го порядка (значения варьируют от 0.75 до 0.79) по сравнению с лесостепной зоной (от 0.59-0.70).

### **6.2. Корреляция хронологий между собой**

Анализ корреляции ширины годичных колец построенных хронологий показывает, что радиальный прирост деревьев в берёзовых полосах в пределах исследуемых районов находится под влиянием одного набора лимитирующих факторов. При этом на прирост годичного кольца в центральных рядах, помимо лимитирующих климатических факторов (температуры воздуха и количества осадков), существенное влияние оказывает увеличение густоты древостоев.

Влияние лимитирующих факторов на радиальный прирост при прочих равных условиях значительнее в степной зоне и южных опушках. Оно закономерно возрастает с увеличением возраста насаждений. Влияние возраста в большей степени проявляется в центральных рядах и южных опушках лесных полос.

Несмотря на достаточную удаленность исследуемых объектов друг от друга, между построенными ДКХ наблюдаются определенные взаимосвязи. Коэффициенты корреляции изменяются в значительных пределах - от 0,18 до 0,86. Наиболее высокую связь между собой имеют хронологии центральных рядов (коэффициенты корреляции изменяются в пределах от 0,68 до 0,86).

### **6.3. Влияние климатических факторов на ширину годичного кольца**

Расчёты функций отклика индексов прироста для хронологий степной зоны осуществлялись по данным ближайшей метеостанции г. Костанай (период наблюдений с 1977 по 2018 год), а для хронологий лесостепной зоны - метеостанции г. Петропавловска (период наблюдений с 1963 по 2018 год.). Функция отклика индексов прироста на климатические переменные рассчитывалась за период с сентября предшествующего года по август текущего.

Функции отклика ширины годичного кольца на температуру воздуха показывают положительное влияние на прирост годичного кольца в условиях степной зоны

температур января и февраля, а также отрицательное влияние температур июня и июля. Отклик древесно-кольцевых хронологий на температуру января и февраля является следствием более мягкой среднемесячной температуры этих месяцев. Деревья зимуют в более тёплых условиях, что в дальнейшем, с наступлением вегетационного периода, отражается на их приросте. В условиях лесостепной зоны выявляется отрицательное влияние температуры июля на южной опушке лесной полосы.

В условиях степной зоны положительное влияние на радиальный прирост по хронологиям центральных рядов оказывает количество осадков ноября и декабря, а также января и февраля по хронологиям южной опушки. Отрицательное влияние на этот показатель оказывает дефицит осадков в мае и июне. В условиях лесостепной зоны влияние дефицита осадков на прирост древесины может наблюдаться в июне (северная опушка) и в июле (южная опушка). В целом, влияние лимитирующих факторов (осадки и температура) на радиальный прирост берёзовых древостоев более выражено в условиях степной зоны по сравнению с лесостепной.

#### 6.4. Различия радиального прироста деревьев в рядах посадки придорожных полос

В конкретных защитных полосах индексы ширины годичных колец исследуемых хронологий (северная опушка, южная опушка, центральные ряды) имеют высокую синхронность на протяжении всего возрастного развития и хорошо коррелируют друг с другом. С увеличением возраста наблюдается закономерное снижение радиального прироста. Индекс ширины годичного кольца у ДКХ северной и южной опушек полос существенно выше, чем у хронологий центрального ряда.

Синхронность приростов наблюдается и при сравнении соответствующих ДКХ, полученных в защитных полосах, произрастающих в лесостепной и степной зонах. Высокая согласованность изменений радиального прироста по рядам посадки, несмотря на достаточно большое удаление исследуемых придорожных полос друг от друга, является ответом на изменения климатических факторов в регионе исследований.

Изменение средней ширины годичного слоя по древесно-кольцевым хронологиям с увеличением возраста представлено в табл.6.

Таблица 6. – Изменение радиального прироста ДКХ по классам возраста

Наименование ДКХ	Радиальный прирост по классам возраста древостоев, мм			
	I	II	III	IV
Степная зона				
КС	2,39	2,17	2,13	1,59
КЦс	3,55	1,22	0,81	0,54
КЦю	3,46	1,31	0,84	0,71
КЮ	3,60	1,97	1,14	0,99
Лесостепная зона				
ПС	2,99	3,15	2,57	1,92
ПЦс	3,37	1,73	0,81	0,63
ПЦю	3,22	1,79	1,00	0,45
ПЮ	2,53	2,34	1,87	1,79

Данные табл. 6 свидетельствуют, что практически по всем ДКХ в исследуемых полосах максимальное значение радиального прироста наблюдается в первом классе возраста. В дальнейшем прирост закономерно уменьшается. Обнаруживается устойчивое уменьшение прироста при переходе от крайних (опушечных рядов) к центральным, что является проявлением опушечного эффекта.



### **6.5. Пространственно-временное влияние климатических условий на прирост годичного кольца**

Известно, что степень влияния засух на радиальный прирост корректно отражает индекс сухости SPEI, основанный на расчете ежемесячных временных рядов осадков и средней температуры с учетом географических координат. Результаты исследований корреляционных связей между древесно-кольцевыми хронологиями северной и южной опушек придорожных лесных полос и индексом SPEI показывает, что увеличение засушливости оказывает существенное влияние на жизнедеятельность (уменьшение прироста) деревьев, произрастающих на южных опушках лесных полос в степной зоне. Связь индекса SPEI с древесно-кольцевыми хронологиями северных опушек лесных полос в условиях лесостепной зоны не проявляется.

#### **Заключение**

Проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы.

В исследуемых защитных полосах при одинаковом (примерно одинаковом) возрасте древостои разных пород характеризуются различными показателями роста. Наиболее высокие таксационные показатели (средние значения диаметра и высоты и запас) характерны древостоям тополя бальзамического. На втором месте по величине указанных показателей находятся древостои берёзы повислой. Далее располагаются древостои сосны обыкновенной, клёна ясенелистного и вяза обыкновенного. Рост древостоев в защитных полосах, как и в естественных сомкнутых насаждениях, в значительной степени связан с их густотой произрастания. В частности, с увеличением густоты наблюдается закономерное снижение средних значений диаметра и высоты.

При прочих равных условиях наименьшей изменчивостью размеров стволов и крон деревьев характеризуются защитные полосы тополя и сосны, а наибольшей – вяза. Защитные полосы берёзы и клёна в этом отношении занимают промежуточное положение. В защитных полосах, как и в естественных древостоях, с увеличением возраста деревьев их дифференциация по размерам стволов и крон закономерно уменьшается. Дифференциация деревьев в придорожных защитных полосах выражена в меньшей степени, чем в естественных насаждениях. Этот факт является косвенным показателем их меньшей стабильности и устойчивости.

Санитарное и жизненное состояния насаждений защитных полос в значительной степени зависят от условий среды, породного состава и возраста насаждений. В порядке ухудшения санитарного и относительного жизненного состояний защитные полосы образуют следующий ряд: берёзовые, тополевые, сосновая, вязовые и клёновая. Состояние защитных полос в лесостепной зоне лучше, чем в степной. Оно ухудшается с увеличением возраста насаждений.

В многорядных полосах на состояние деревьев оказывает влияние их размещение и густота. В центральных рядах деревья находятся в жесткой конкуренции и характеризуются более худшим санитарным состоянием, чем деревья из крайних рядов. Выявляется устойчивая тенденция повышения относительной высоты деревьев в направлении от крайних рядов к центральным. Обнаруживается высокая сопряженность балла санитарного состояния деревьев с их относительной высотой.

В защитных лесных полосах, как и в естественных насаждениях, на формирование надземной фитомассы определяющее влияние оказывают возраст, условия местопроизрастания и густота насаждений, а в качестве дополнительного фактора, влияющего на этот процесс, выступает опушечный (краевой) эффект. Деревья одинакового

диаметра и возраста в крайних рядах лесных полос по сравнению с центральными характеризуются сравнительно низкими значениями высоты и видовых чисел и более интенсивным ростом крон, поэтому отличаются меньшей фитомассой стволов и большей фитомассой крон (листвы). Действие опушечного эффекта дает основание рассматривать защитные лесные полосы при оценке их фитомассы как особый объект лесной таксации.

Общая надземная фитомасса древостоев в защитных полосах берёзы закономерно увеличивается с повышением их возраста и густоты. С увеличением возраста уменьшается доля крон в надземной фитомассе и доля листвы в фитомассе крон. В целом, возрастные изменения в соотношениях структурных частей надземной фитомассы древостоев в придорожных полосах аналогичны изменениям в естественных древостоях.

Плотность надземной фитомассы древостоев в исследуемых полосах изменяется в широких пределах (от 0,677 до 2,656 кг/м<sup>3</sup> в свежем состоянии и от 0,404 до 1,539 кг/м<sup>3</sup> – в абсолютно сухом). Этот показатель на исследуемых объектах повышается с увеличением возраста насаждений. Он, безусловно, оказывает влияние на ветровой режим вблизи полос.

Все рассматриваемые придорожные полосы в той или иной мере снижают скорость ветрового потока в пределах полосы отвода автодороги и на прилегающих территориях. Параметры снижения находятся в зависимости от сезонов года и мелиоративно-таксационных характеристик исследуемых насаждений. Ветрозащитная функция полос связана с углом подхода ветрового потока. Она наиболее выражена при ветрах, угол подхода которых максимально приближен к 90°.

Влияние на ветровой поток системы «автодорога–защитные полосы» в пределах автодороги значительно выше, чем одиночных полос. С уменьшением расстояния между полосами, расположенными в системе, и автодорогой наблюдается более эффективное снижение скорости ветрового потока непосредственно в полосе отвода автомобильной дороги. Полосы ажурной и ажурно-продуваемой конструкции лучше снижают скорость ветра в зимний период, по сравнению с другими сезонами года.

Откадываемый под воздействием полос снег в самих полосах и на прилегающих территориях как с наветренной, так и с заветренной сторон, является источником значительного количества влаги - от 39,81 до 405,06 мм. Плотность его на различном расстоянии от полос может варьировать в значительных пределах, от 87,30 до 317,52 кг/м<sup>3</sup>. Такая высокая изменчивость зависит от продолжительности залегания и глубины снега, а также особенностей распределения снежных масс под действием полос различных конструкций.

Радиальный прирост деревьев в берёзовых полосах в пределах исследуемых районов находится под влиянием одного набора лимитирующих факторов. Положительное влияние на прирост в условиях степной зоны оказывают температуры января и февраля, а отрицательное - температуры июня и июля. Отклик древесно-кольцевых хронологий на температуру января и февраля является следствием более мягкой среднемесячной температуры этих месяцев.

В условиях степной зоны положительное влияние на радиальный прирост по хронологиям центральных рядов оказывает количество осадков ноября и декабря, а по хронологиям южной опушки - января и февраля. Отрицательное влияние на этот показатель оказывает дефицит осадков в мае и июне. В условиях лесостепной зоны влияние дефицита осадков на прирост древесины может наблюдаться в июне (северная опушка) и в июле (южная опушка). В целом, проявление лимитирующих факторов

(осадки и температура) на радиальный прирост берёзы в придорожных полосах более выражено в условиях степной зоны и южных опушек полос.

По результатам исследований предложены следующие **рекомендации**:

- рекомендации по отбору модельных деревьев для изучения надземной фитомассы древостоев придорожных лесных полос;
- рекомендации по отбору древесных кернов при дендрохронологических исследованиях в лесных полосах;
- рекомендации по проведению санитарно-оздоровительных мероприятий и осуществлению контрольно-надзорных функций за сохранностью защитных насаждений.

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

*Публикации в изданиях из перечня ВАК РФ:*

1. **Здорнов, И.А.** Санитарное состояние придорожных защитных лесных полос в условиях Северного Казахстана / И.А. Здорнов, З.Я. Нагимов, А.В. Капралов // Успехи современного естествознания. – 2018. – № 3. – С. 44-51.
2. **Здорнов, И.А.** Фитомасса деревьев берёзы в придорожных защитных лесных полосах Северного Казахстана / И.А. Здорнов, З.Я. Нагимов // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. – 2019. – № 226. – С. 20-32.
3. **Здорнов, И.А.** Фитомасса берёзовых древостоев придорожных защитных лесных полос Северного Казахстана / И.А. Здорнов, З.Я. Нагимов, А.В. Капралов // Лесной вестник. Forestry Bulletin. – 2020. – Т.24., № 4. – С. 26-32.
4. **Здорнов, И.А.** Изменение скоростей ветрового потока в системе «защитная полоса–автодорога» в условиях Северного Казахстана / И.А. Здорнов, З.Я. Нагимов, А.В. Капралов // Труды Санкт-Петербургского научно-исследовательского института лесного хозяйства. – 2020. – № 3. – С. 33-47.

*Публикации в иных изданиях:*

5. **Здорнов, И.А.** Влияние защитных лесных полос вдоль автодорог на изменение скорости ветрового потока в условиях Северного Казахстана / И.А. Здорнов, А.В. Капралов // Отечественная наука в эпоху изменений: постулаты прошлого и теории нового времени. – 2015. – № 4(9), Ч. 5. – С. 161-165.
6. **Здорнов, И.А.** Роль и место защитных лесных полос в структуре лесных насаждений Мамлютского района Северо-Казахстанской области Республики Казахстан / И.А. Здорнов, А.В. Капралов // Научное творчество молодежи - лесному комплексу России: матер. XI Всерос. науч.-техн. конф. – Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т. – 2015. – Ч. 2. – С. 70-73.
7. **Здорнов, И.А.** Влияние защитных лесных полос на скорость ветра и снегонакопление в зимний период 2014/15 годов в условиях Северного Казахстана / И.А. Здорнов, А.В. Капралов // Молодой ученый. – 2015. – № 24. – С. 325-328.
8. **Здорнов, И.А.** Очерк состояния защитных лесных насаждений Республики Казахстан / И.А. Здорнов, А.В. Капралов // Отечественная наука в эпоху изменений: постулаты прошлого и теории нового времени. – 2015. – № 4(9), Ч.5. – С 153-157.
9. **Здорнов, И.А.** Оценка снегонакопления и фитотоксичности талой снеговой воды в защитных лесных полосах вблизи автодорог / И.А. Здорнов, Н.В. Марина // Отечественная наука в эпоху изменений: постулаты прошлого и теории нового времени. – 2015. – № 4(9), Ч. 5. – С 157-161.
10. **Здорнов, И.А.** Оценка санитарного состояния придорожных защитных лесных полос Мамлютского района Северо-Казахстанской области / И.А. Здорнов, А.В. Капралов // Международный студенческий научный вестник. – 2016. – № 4, Ч. 3. – С. 394-

396.

11. **Здорнов, И.А.** Оценка влияния на скорость ветрового потока придорожных защитных лесных полос в условиях Северного Казахстана / И.А. Здорнов, К.Ф. Ижова, А.В. Капралов // Молодой ученый. – 2016. – № 1. – С. 267-271.

12. **Здорнов, И.А.** Метод биотестирования в оценке состояния почв полосы отвода автомобильных дорог / И.А. Здорнов, К.Ф. Ижова, А.В. Капралов, Н.В. Марина // Инновационные технологии в науке и образовании: сб. ст. II Междунар. науч.-практ. конф. – Пенза. МЦНС «Наука и просвещение», 2017. – С. 124-130.

13. **Здорнов, И.А.** Сезонная динамика изменения скоростей ветра в пределах автодороги под влиянием системы защитных лесных полос / И.А. Здорнов // 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. 199-203.

14. **Здорнов, И.А.** Оценка защитных свойств придорожных лесных полос в условиях Северо-Казахстанской области / И.А. Здорнов, А.В. Капралов // European Scientific Conference: сб. ст. IV Междунар. науч.-практ. конф. – Пенза: МЦНС «Наука и просвещение», 2017. – Ч. 2. – С. 154-160.

15. **Здорнов, И.А.** Сравнительная характеристика системы и отдельно стоящих защитных лесных полос по их воздействию на климатические показатели / И.А. Здорнов, А.В. Капралов // УГЛТУ в решении социальных и лесоводственно-экологических проблем лесного комплекса Урала и Западной Сибири: матер. XIII Всерос. науч.-технич. конф. студентов и аспирантов института леса и природопользования. – Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2017. – С. 73-77.

16. **Здорнов, И.А.** К оценке санитарного состояния придорожных защитных лесных полос, различных по структуре и составу / И.А. Здорнов, А.В. Капралов, З.Я. Нагимов // Научное творчество молодежи - лесному комплексу России: матер. XIV Всерос. науч.-техн. конф. – Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т. – 2018. – С. 454-457.

17. **Здорнов, И.А.** Фитомасса стволов деревьев берёзы в придорожных защитных лесных полосах Северного Казахстана / И.А. Здорнов, З.Я. Нагимов // Научное творчество молодежи - лесному комплексу России: матер. XV Всерос. науч.-техн. конф. – Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2019. – С. 362-365.

18. **Здорнов, И.А.** Особенности формирования фитомассы крон деревьев берёзы в придорожных защитных лесных полосах Северного Казахстана / И.А. Здорнов, З.Я. Нагимов // 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. 181-185.

Отзывы на автореферат просим направить в 3 экземплярах по адресу: 620100 г. Екатеринбург, Сибирский тракт, 37 УГЛТУ, ученому секретарю диссертационного совета Д 212.281.01 Магасумовой А.Г. E-mail: dissovet.usfeu@mail.ru

Подписано в печать «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2020. Заказ № \_\_\_\_\_. Объем 1,0 авт.л. Тираж 100. 620100, г. Екатеринбург, Сибирский тракт, 37. ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет». РИО, сектор оперативной полиграфии.