

ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет»

На правах рукописи

Здорнов Игорь Александрович

**Структура, состояние и защитно-мелиоративная эффективность
придорожных лесных полос Северного Казахстана**

Специальность: 06.03.02 – «Лесоведение, лесоводство,
лесоустройство и лесная таксация»

Диссертация
на соискание ученой степени кандидата
сельскохозяйственных наук

Научный руководитель: доктор
сельскохозяйственных наук, профессор
Нагимов Зуфар Ягфарович

Екатеринбург – 2020

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
ГЛАВА 1. СОСТОЯНИЕ ИССЛЕДУЕМОГО ВОПРОСА	9
1.1. Развитие полезащитного лесоразведения в лесостепных районах Западной Сибири	9
1.2. Развитие полезащитного лесоразведения в колхозах северных областей республики Казахстан	15
1.3. Озеленение автомобильных и улучшенных грунтовых дорог	25
Выводы	34
ГЛАВА 2. ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЯ	36
2.1. Географическое положение и лесорастительное районирование	36
2.2. Ветровой режим территории	37
2.3. Термический режим и атмосферные осадки	40
2.4. Рельеф	46
2.5. Почвы	47
2.6. Гидрография	49
2.7. Лесорастительные условия	50
2.8. Региональное изменение климата	51
Выводы	55
ГЛАВА 3. ПРОГРАММА, МЕТОДИКА И ОБЪЕМ ВЫПОЛНЕННЫХ РАБОТ	56
3.1. Программа исследований	56
3.2. Объекты и методика исследований	57
3.3. Объем выполненных работ	75
ГЛАВА 4. СТРУКТУРА, СОСТОЯНИЕ И НАДЗЕМНАЯ ФИТОМАССА ПРИДОРОЖНЫХ ЗАЩИТНЫХ ЛЕСНЫХ ПОЛОС	77
4.1. Таксационная и конструктивная характеристика лесных полос	77
4.2. Дифференциация деревьев в придорожных защитных лесных полосах	83
4.3. Санитарное состояние защитных полос	94
4.4. Фитотоксичность почв в пределах защитных лесных полос	100
4.5. Относительная высота древостоев защитных полос	102

4.6. Фитомасса деревьев берёзы в придорожных защитных лесных полосах	104
4.7. Фитомасса древостоев берёзы в придорожных защитных лесных полосах	112
Выводы	117
ГЛАВА 5. ВЛИЯНИЕ ПРИДОРΟЖНЫХ ЗАЩИТНЫХ ЛЕСНЫХ ПОЛОС НА ВЕТРОВОЙ РЕЖИМ И СНЕГОНАКОПЛЕНИЕ	120
5.1. Снижение скорости ветра под влиянием придорожных защитных лесных полос	120
5.1.1. Изменение скорости ветрового потока под влиянием системы придорожных полос	137
5.1.2. Изменение кинетической энергии ветрового потока под влиянием полос с различной фитомассой	144
5.2. Снегораспределение под влиянием придорожных лесных полос	148
5.3. Характеристика снежного покрова под влиянием придорожных защитных лесных полос	169
Выводы	178
ГЛАВА 6. РАДИАЛЬНЫЙ ПРИРОСТ ДЕРЕВЬЕВ В ПРИДОРΟЖНЫХ ЗАЩИТНЫХ ЛЕСНЫХ ПОЛОСАХ	182
6.1. Длительность хронологий	182
6.2. Корреляция хронологий между собой	185
6.3. Влияние климатических факторов на ширину годичного кольца	189
6.4. Различие радиального прироста деревьев в рядах посадки придорожных полос	210
6.5. Пространственно-временное влияние климатических условий на прирост годичного кольца	219
Выводы	223
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	226
РЕКОМЕНДАЦИИ ПРОИЗВОДСТВУ	231
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	234
ПРИЛОЖЕНИЯ	254

ВВЕДЕНИЕ

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

Несмотря на чрезвычайно 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 (С.Н. Адрианов, Ф.С. Вислогузов, Г.И. Матякин, И.Д. Шерлин, Б.Ф. Данчев, В.В. Бозриков). Вместе с тем, вопросы таксационной структуры защитных придорожных лесных полос 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 придорожных защитных лесных полос 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 придорожных защитных лесных полос;
- 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 березы в придорожных защитных полосах;
- оценка ветрозащитной эффективности защитных полос разных пород и конструкций;
- изучение характеристик снежного покрова в зоне влияния придорожных 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 придорожных защитных лесных полосах. 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 березы 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 придорожных защитных лесных полос 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 ФГБОУ ВО Уральский государственный лесотехнический университет.

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

Положения выносимые на защиту:

1. Придорожные защитные полосы 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 защитных лесных полос 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 материалов. 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 работы. 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, в 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. Материал изложен на 281 странице, содержит 31 таблицу и 92 рисунка.

Благодарности. Автор выражает глубокую признательность научному руководителю – доктору сельскохозяйственных наук, профессору Зуфару Ягфаровичу Нагимову, кандидату сельскохозяйственных наук, доценту кафедры

экологии и природопользования Анатолию Витальевичу Капралову, кандидату химических наук, доценту кафедры экологии и природопользования Наталье Валентиновне Мариной за консультирование, ценные советы и помощь в вопросах научного исследования. Отдельная благодарность кандидату сельскохозяйственных наук Ирине Владимировне Шевелиной за оказание консультативной помощи в исследованиях.

Особая благодарность сотрудникам Института экологии растений и животных УрО РАН, лаборатории геоинформационных технологий: доктору биологических наук Павлу Александровичу Моисееву, кандидату сельскохозяйственных наук Андрею Андреевичу Григорьеву; сотрудникам лаборатории дендрохронологии: кандидату биологических наук Людмиле Аркадьевне Горлановой, кандидату биологических наук Марине Анатольевне Гурской, кандидату биологических наук Владимиру Витальевичу Кукарских за ценную консультативную помощь в осуществлении дендрохронологических исследований.

ГЛАВА 1. СОСТОЯНИЕ ИССЛЕДУЕМОГО ВОПРОСА

1.1. Развитие полезащитного лесоразведения в лесостепных районах Западной Сибири

Западная Сибирь и Северный Казахстан уже давно являются объектами пристального внимания и серьезного изучения многих видных агролесомелиораторов (Данченко, Бех, 2007). Свои исследования и опытные работы здесь проводили Г.И. Матякин, В.И. Евсеенко, А.Н. Андреев, А.Н. Протасов, И.Д. Шерлин, А.Е. Дьяченко, Н.Т. Макарычев, С.С. Голубинский, а также энтузиасты полезащитного лесоразведения В.В. Бозриков, В.В. Берников, В.Е. Смирнов, В.Я. Векшегонов, А.И. Тимак, Л.А. Ламин, Ф.Ф. Самусев, Ф.С. Вислогузов и др.

В большинстве основных сельскохозяйственных районов (на тот момент еще Советского Союза) составной частью системы земледелия должны были быть защитные лесные насаждения. Многочисленными исследованиями в засушливых областях Европейской части СССР, а также за рубежом (Высоцкий, 1938; Карузин, 1940; Альбенский, 1949; Никитин, Минин, 1949; Бодров, 1952; Матякин, 1952; Беннет, 1958; Дьяченко, 1959; Логгинов, 1961; Рыжиков, 1963 и др.) доказано, что полезащитные полосы, благотворно влияя на элементы микроклимата, ослабляют губительное действие суховеев и пыльных бурь, которые после освоения целинных и залежных земель преобладали во многих сельскохозяйственных районах Сибири и Северного Казахстана (Пашков, 2016), и значительно увеличивают урожаи сельскохозяйственных культур на прилегающих полях (Федорова, 1967).

Значение защитного лесоразведения и способы создания полезащитных лесных полос эффективных конструкций изучались на примере передовых хозяйств и опытных учреждений Европейской части СССР. В восточных районах страны полезащитное лесоразведение получило меньшее развитие по сравнению с другими регионами и его роль в период 70-х годов прошлого столетия, была еще

слабо освещена. В связи с этим необходимо более подробнее остановиться на истории и состоянии этих вопросов в Западно-Сибирском регионе.

В Сибири, первые полезащитные полосы были заложены в 1900 году на Омском опытном поле. Здесь, до 1917 года было создано порядка 300 га полос шириной от 20 до 40 м. (Крылов, 1954). В начале XX в. Посадка полезащитных полос началась также в Новосибирской области (Ламин, 1962).

По данным Г.В. Крылова (Крылов, 1951; Крылов, Ламин, 1970), в период с 1928 по 1940 год в Западной Сибири было посажено около 50 тыс. га степных лесов и полезащитных полос. В этот период полосы создавались преимущественно узкие и средние по ширине (не более девяти рядов), смешанные по составу. При этом главных и сопутствующих пород вводилось по 30%, кустарников – 40% (Голубинский, 1944). В качестве главных пород высаживались тополи бальзамический и лавролистный, сосна обыкновенная, берёза бородавчатая, реженица сибирская. Из сопутствующих наибольшее распространение получили клён ясенелистный и вяз гладкий, из кустарников – акация желтая (Федорова, 1967).

В 1949-1952 годах, объем лесомелиоративных работ в Сибири был резко увеличен. Так, в 1950 г. было посажено 50 тыс. га степных насаждений (Крылов, 1951), что примерно равно всем посадкам до 1941 г. Для этого периода характерна закладка полезащитных полос различной ширины, разнообразие ассортимента используемых пород и типов их смешения. Многие посадки, как отмечают авторы, погибли или оказались малоценными (Крылов, 1951; Адрианов, 1960). Гибель была вызвана главным образом плохой агротехникой их создания, отсутствием ухода, а также шаблонным перенесением рекомендаций из Европейской части Союза в Сибирь. Накоплению малоценных плотных защитных насаждений способствовала переоценка роли кустарников и подгоночных пород (Федорова, 1967). Допущенные в тот период в практике полезащитного лесоразведения ошибки (как в Сибири, так и в Европейской части Союза) в известной мере поставили под сомнение значение лесных полос. Это выразилось в резком уменьшении лесомелиоративных работ в степных районах в 1955-1963 гг.

К лесостепным районам Западной Сибири относится часть территории Северного Казахстана, как это показано на рисунке 1.1. В пределах Северного Казахстана к территориям Западной Сибири относятся часть Костанайской, Павлодарской, Акмолинской, Восточно-Казахстанской областей и практически целиком Северо-Казахстанская. Начало работ по полезащитному лесоразведению в лесостепных районах Сибири и Северного Казахстана, на наш взгляд, следует рассматривать как совокупный период развития агролесомелиорации. Данные территории, относились к одному из значимых аграрных регионов в экономике СССР, где борьбе с засухой и пыльными бурями, начавшимися после освоения целинных и залежных земель, уделялось пристальное внимание.



Рисунок 1.1. – Территория Западной Сибири с относящимися к ней лесостепными районами Северного Казахстана

В Северном Казахстане (Северо-Казахстанская, Костанайская, Павлодарская, Акмолинская области) засуха в той или иной степени ежегодно наблюдается в отдельные периоды развития сельскохозяйственных растений. В некоторые годы она начинается буквально с первых дней полевых работ. Чаще всего губительное действие засухи проявляется в наиболее ответственные периоды развития растений – в фазах кущения, цветения и налива зерновых культур. Данное явление придает земледелию северных областей республики крайне неустойчивый характер (Егоренков, 1955; Бозриков, 1970, 1980; Данченко, Бех, 2007; Пашков, 2016).

Неблагоприятные климатические условия заставляют особенно серьезно относиться к лесозащитному лесоразведению, являющемуся наряду с другими агротехническими мероприятиями эффективным средством в борьбе за получение высоких и устойчивых урожаев.

В Казахстане начало работ по лесоразведению относится к концу XIX века. Однако эти работы проводились в крайне ограниченном объеме.

Забота о земле, о её будущем пришла только с победой Великой Октябрьской социалистической революции. Только в советском государстве, в условиях колхозного строя, стало возможным проведение лесопосадочных работ, как большого государственного мероприятия. Уже в первые годы Советской власти борьбе с засухой было придано общенародное значение. В 1924 году И.В. Сталин указывал на необходимость осуществления работ по мелиорации, повышению культуры земледелия и других мероприятий для борьбы со стихией.

В 1934 году, выступая на XVII партийном съезде, И.В. Сталин говорил: «Насаждение лесов и лесозащитных полос в восточных районах Заволжья имеет громадное значение» (Сталин, 1945).

В октябре 1948 года Советом Министров СССР и ЦК ВКП(б) было принято постановление о плане лесозащитных лесонасаждений в степных и лесостепных районах европейской части СССР.

В принятых Директивах XIX съезда партии по пятому пятилетнему плану развития СССР на 1951-1955 годы было указано: «Обеспечить дальнейшее

расширение работ по полезащитному лесоразведению в степных и лесостепных районах...», «Заложить в течение пятилетия не менее 2,5 миллиона гектаров защитных лесных насаждений в колхозах и совхозах» (Директивы, 1952).

Эта цифра свидетельствует о том, какой колоссальный масштаб приняли работы по полезащитному лесоразведению в Советском Союзе.

В большинстве работ, посвященных полезащитному лесоразведению в Сибири, рассматривается ассортимент пород. Однако ряд рекомендаций, на момент бурного развития полезащитного лесоразведения в Сибири, был недостаточно обоснован. Так, в ассортимент были включены такие интродуценты, как вяз гладкий, вяз мелколистный, ясень зеленый, орех маньчжурский, дубы черешчатый и монгольский. Между тем, их морозостойкость и приспособляемость в новых условиях вызывало у многих исследователей большие сомнения. Противоречивые данные имелись в отношении применения клёна ясенелистного. Так, С.И. Кукис (1952), Л.А. Ламин (1962) рекомендовали вводить клён ясенелистный в качестве сопутствующей породы во всех зонах. Другие исследователи (Голубинский, 1960; Травень, 1961) отмечали его слабую морозостойкость. Кроме вышеуказанных факторов, как отмечают многие авторы, данная порода экологически агрессивна, имеет большой потенциал к семенному и порослевому возобновлению, и свойственна образовывать недолговечные, плотные полосы. В последствии эти данные были подтверждены рядом исследователей (Манаенков, 2014; Лепехин, 2015). Всё это свидетельствует о необходимости изучения приспособляемости древесных растений к произрастанию в местных климатических условиях отдельных районов Сибири (Федорова, 1967).

На волне возросшего интереса к интродукции древесно-кустарниковых растений и введением их в культуру для озеленения населенных пунктов, с целью повышения биоразнообразия в Северном Казахстане, начиная с 1960 года, занимались (Смирнов, 1967; Смирнова, 1970; Бозрикова, 1972; Спиглазов, 1977; Верзунов, 1974, 2007; Чеботько, 2012 и др.). Как отмечает М.Р. Ражанов, определяющим фактором перспективности интродуцентов в жестких

климатических условиях Северного Казахстана является их устойчивость (Ражанов, 2015). Под устойчивостью автор (Савельева, 1975) определяет – «свойство растительного организма сохранять свои функции при кратковременном воздействии на него одного или нескольких отрицательных факторов».

Исследования многих авторов показали высокую эффективность использования древесно-кустарниковых интродуцентов для целей озеленения (Обезинская и др., 2013; Крекова и др., 2015), а также их применении в защитном лесоразведении (Верзунов и др., 1974; Верзунов, 1980; Бозриков, Данчев, 1984).

Несмотря на значительный потенциал, в то же время, большая часть видов древесно-кустарниковых интродуцентов не нашла широкого применения в практике лесокультурного дела. Это было обусловлено недостаточной информированностью на тот момент лесопользователей и лесоводов о достижениях науки, а также спецификой почвенных условий лесокультурного фонда, в частности конкретных участков даже в пределах одного района (Ражанов, 2015).

После образования КазНИИЛХА, исследования, посвященные вопросам агролесомелиорации в Северном Казахстане (Данченко, Бех, 2007) по большей части переходят к этому институту (Е.В. Антонов, И.Н. Болдырев, В.В. Бозриков, Г.Г. Вибе, Н.Ф. Балакин, Ф.С. Вислогузов, В.Г. Нерубашенко, Б.Ф. Данчев, Г.Т. Кшнякин, В.С. Каверин, В.А. Неофитов, и др.).

В настоящее время в стенах КазНИИЛХА успешно проводят теоретические исследования и практические работы по применению новых методов выращивания посадочного материала, технологии создания и содержания полезащитных полос, повышению устойчивости и производительности, а также по сохранению агролесомелиоративных насаждений научные сотрудники отдела воспроизводства лесов и лесоразведения С.А. Кабанова, П.Ф. Шахматов, В.П. Алека, В.А. Борцов, А.Н. Кабанов и многие другие.

Результатами этой деятельности явились работы (Бозриков, 1968, 1992, 2014; Кабанова, 2014, 2016а, б; Кабанова, Алека, 2017; Кабанова, Данченко, 2017;

Муканов, 2014), которые успешно внедрены в практику защитного лесоразведения Республики Казахстан.

1.2. Развитие полезащитного лесоразведения в колхозах северных областей республики Казахстан

Из северных областей республики Казахстан раньше всех приступила к лесопосадочным работам Северо-Казахстанская область. Отдельные колхозы Мамлютского района этой области начали закладывать на своих полях полезащитные лесные полосы с 1933-1934 годов. С 1935 года лесные полосы начали создавать колхозы Петропавловского, Ленинского, Приишимского и других районов. Начиная с этих годов, агролесомелиоративные работы носили уже массовый характер, захватывая все новые и новые районы и колхозы Северо-Казахстанской области. Особенно интенсивно развивалось полезащитное лесоразведение в колхозах Мамлютского района, в которых из года в год увеличивалась площадь закладываемых лесных полос. За посаженными лесными полосами здесь тщательно ухаживали (Егоренков, 1955).

Потребность колхозов Северо-Казахстанской области в посадочном материале для закладки лесных полос удовлетворялась за счет Кондратовского государственного агролесомелиоративного питомника и частично за счет небольших колхозных питомников, выращивающих для закладки лесных полос необходимые сеянцы древесно-кустарниковых пород.

Кондратовский питомник, на тот момент, являлся одним из наиболее крупных в Казахской ССР. Он снабжал посадочным материалом не только колхозы Северо-Казахстанской области, но и колхозы Кокчетавской и Карагандинской областей, на территории которых не было государственных лесных питомников. Ежегодно Кондратовский питомник мог отпускать колхозам свыше 10 миллионов сеянцев различных древесных и кустарниковых пород, что давало возможность обеспечить создание лесных полос на площади более одной тысячи гектаров.

Колхозы Костанайской области приступили к лесопосадкам с 1935-1936 годов, а массовые лесопосадочные работы начали проводиться с 1937 года, когда в них приняло участие большинство районов области.

Передовым районом Костанайской области по созданию полезащитных лесных полос являлся Пешковский район, колхозы которого приступили к лесопосадочным работам с 1936 года.

На территории Костанайской области, недалеко от города Костаная, находился Костанайский гослесопитомник, который полностью обеспечивал посадочным материалом все колхозы области.

В Кокчетавской области (с 1997 года частично вошла в состав Северо-Казахстанской), закладка полезащитных лесных полос начала осуществляться с 1935-1936 годов. Посадочный материал для создания лесных полос в колхозах этой области завозился из Кондратовского питомника Северо-Казахстанской области.

Колхозы Акмолинской области начали массовую закладку лесных полос на своих полях значительно позже остальных северных областей – в 1939-1940 годах.

Начало полезащитного лесоразведения в Карагандинской области относится к 1934-1935 годам. В этот период к созданию лесных полос приступили колхозы Осакаровского и Тельманского районов. Значительно позже (с 1948 года) начали закладывать на своих полях лесные полосы колхозы Ворошиловского и Нуринаского районов. В остальных районах области, которые являлись районами с животноводческим направлением хозяйства, лесные полосы не закладывались.

Большим недостатком в работе по полезащитному лесоразведению в Карагандинской области являлось отсутствие государственного лесного питомника, в связи с чем необходимый посадочный материал завозился по железной дороге из Кондратовского и Красноярского государственных лесных питомников.

В полезащитном лесоразведении Северного Казахстана можно выделить следующие периоды:

- 1) довоенный период: с 1934 по 1941 год;
- 2) военный период: с 1942 по 1946 год;

3) послевоенный период: с 1947 года.

Послевоенный период в свою очередь можно разделить на несколько частей:

- с 1947 по 1948 годы – начало послевоенного подъема лесопосадочных работ;

- с 1949 по 1953 годы – бурный рост полезащитного лесоразведения после выхода в свет исторического постановления о преобразовании природы.

- с 1954 года по настоящее время.

Объем лесопосадочных работ, проведенных по отдельным периодам, представлен в таблице 1.1.

Таблица 1.1 - Объем лесопосадочных работ с 1934 по 1953 годы на территории Северного Казахстана

Области	Посажено лесных полос, га				
	1934-1941 г.	1942-1946 г.	1947-1948 г.	1949-1953 г.	Всего
Костанайская	3273	40	245	2287	5845
Северо-Казахстанская	2626	-	157	1903	4686
Кокчетавская	-	-	139	2087	2226
Акмолинская	1341	61	134	2029	3565
Карагандинская	425	209	175	1914	2723
Итого:	7665	310	850	10220	19045

По данным таблицы 1.1 видно, что объем работ по созданию лесных полос в колхозах Северного Казахстана в довоенный период ежегодно увеличивался. В период с 1934 по 1941 год всего было посажено лесных полос на площади 7665 га. В военный период лесопосадочные работы резко сократились. В этот период не производился и уход за посаженными ранее лесными полосами, что отрицательно сказалось на их приживаемости и дальнейшем росте.

В послевоенные годы, начиная с 1947 года, лесопосадочным работам снова стало уделяться большое внимание.

Особенно резко вырос их объем после выхода в свет постановления Совета Министров СССР и ЦК ВКП(б) от 20 октября 1948 года о плане полезащитных

лесонасаждений в степных и лесостепных районах европейской части СССР. За последующие послевоенные годы (с 1949 по 1953), прошедшие после опубликования этого постановления, в северных областях республики, в колхозах было посажено 10220 гектаров полевых защитных лесных полос, или на 1495 гектаров больше, чем было их создано за предыдущие 15 лет (с 1934 по 1948 годы), т.е. до выхода в свет этого постановления.

Начиная с 1934 года и по 1953 год включительно, было посажено в колхозах Северного Казахстана свыше 19 тысяч гектаров лесных полос. Однако нужно отметить, что не все посаженные лесные полосы сохранились, даже по окончании 1955 года. Это произошло ввиду недостаточного опыта выращивания насаждений в тяжелых лесорастительных условиях, из-за отсутствия ухода за лесными полосами и бессистемных рубок в военный период, недостаточного ухода за ними в послевоенные годы, а также потому, что не было надлежащей охраны лесных посадок от потрав скотом и пожаров, возникавших при выжигании стерни (Крылов, 1951). Все это привело в ряде колхозов северных областей Казахстана к значительной гибели заложенных лесных полос. Кроме того, из-за отсутствия прочисток в сомкнувшихся лесопосадках (в возрасте старше 8-10 лет) лесные полосы во многих колхозах были сильно загущены, в результате чего в них и вблизи них скапливались большие сугробы снега, которые весной сходили значительно позже, чем на остальной территории межполосного пространства. Это препятствовало своевременному проведению сельскохозяйственных работ. Так, по весне, в то время, когда вблизи лесной полосы нельзя еще было приступать к вспашке или севу, в середине поля почва уже пересыхала. Ввиду этого упускались лучшие сроки для проведения полевых работ (Егоренков, 1955).

Как общий недостаток, присущий в то время всем колхозам северных областей республики, следует отметить неправильное планирование лесопосадочных работ, вследствие чего полевые защитные лесные полосы представляли собой оторванные друг от друга, не связанные в единую систему, отдельные клочки и полосы лесных насаждений. В северных областях Казахстана не было ни одного колхоза, где все поля хотя бы одного севооборота были

полностью обсажены защитными лесными полосами. Такое расположение лесных полос не обеспечивало должную их эффективность.

По расчетным данным В.В. Бозрикова (1980) для плановых органов и проектных организаций республики Казахстан на землях сельхозпользования для повышения полезащитной лесистости до 3,31% требовалось создать (по состоянию на 1975 г.) в 11 областях республики на пахотных землях (29 899,2 тыс. га) 991,9 тыс. полезащитных лесных полос (таблица 1.2). По состоянию на 01.01.1975 г. в лесостепной, степной и полупустынной зонах сохранилось 56,0 тыс. га полезащитных лесных полос. Для полного облесения полей на тот момент необходимо было посадить 935,9 тыс. га лесных полос.

Таблица 1.2. - Объем работ по созданию системы полезащитных лесных полос на пахотных землях в разрезе административных областей (по состоянию на 01.01.1975 г.)

Название областей	Площадь пашни, тыс. га	Площадь лесных полос, тыс. га			% площади лесных полос от площади пашни
		существующих	проектируемых	всего	
Актюбинская	2163,8	5,4	79,1	84,5	3,90
Гурьевская	16,4	-	0,7	0,7	4,33
Карагандинская	2162,4	4,6	80,0	84,6	3,91
Кокчетавская	3749,1	9,9	93,2	103,1	2,74
Кустанайская	5498,9	10,2	148,1	158,3	2,88
Павлодарская	3481,9	4,6	137,5	142,1	4,08
Северо-Казахстанская	2426,1	5,1	34,0	39,1	1,61
Семипалатинская	1722,0	6,3	58,2	64,5	3,74
Тургайская	2856,8	0,7	105,4	106,1	3,71
Уральская	2002,1	5,7	74,0	79,7	3,98
Целиноградская	3819,7	3,5	125,7	129,2	3,38
Итого	29899,2	56,0	935,9	991,9	3,31

По приведенным данным (таблица 1.2) можно констатировать, что наименьшая площадь пашни для создания системы полезащитных лесных полос отводится в Северо-Казахстанской (1,61%), Кокчетавской (2,74%) и Кустанайской (2,88%) областях, где имеются естественные леса. В безлесных же областях с довольно сложными лесорастительными условиями площадь пашни, отводимая под лесные полосы, возрастает до 4% и больше. В зависимости от почвенно-климатических условий площадь пашни, отводимая под лесные полосы по административным областям, составляет от 1,61 до 4,33%.

С 1970-х годов примерно 97% всех лесов были отнесены к категории защитных лесов с ограниченным лесоэксплуатационным режимом. В случаях, когда наблюдался дефицит лесов, служивших защитой от ветровой эрозии или источником топливной древесины, правительство содействовало созданию лесных плантаций и защитных лесонасаждений. В период с 1965 по 1985 гг. в Казахстане было создано порядка 112 тыс. га лесозащитных полос и 63,5 тыс. га защитных насаждений на пустошах. В 1970-х годах ежегодный объем работ по созданию защитных насаждений на сельскохозяйственных землях составлял порядка 10 тыс. га (Казахстан. Лесной сектор в переходный период..., 2003). Позже объем работ по лесоразведению значительно сократился из-за нехватки средств (Байзаков, 1996), таблица 1.3.

Таблица 1.3. - Защитное лесоразведение на землях сельскохозяйственного пользования за 1990-1993 гг.

Вид работ	1990	1991	1992	1993
1	2	3	4	5
создание защитных насаждений, всего, тыс. га	11,9	12,3	12,5	6,8
в том числе:				
пастбищезащитных насаждений, тыс. га	7,0	6,8	6,3	2,7
насаждений на песках, балках и других неудобных землях, тыс. га	3,1	3,7	4,8	3,5
полезащитных лесных полос, тыс. га	1,8	1,8	1,4	0,6

Окончание таблицы 1.3

1	2	3	4	5
сохранность однолетних насаждений, %:				
пастбищных	70,9	62,9	69,4	52,1
на песках, балках и других неудобных землях	92,5	79,0	93,0	97,2
полезащитных лесных полос	89,8	79,4	100,0	98,4
приживаемость сохранившихся насаждений, %	57,6	63,6	63,4	62,4
пастбище-защитных на песках, балках и других неудобных землях	61,3	66,3	65,3	64,9
полезащитных лесных полос	69,2	61,0	69,3	79,7

По данным Б.М. Муканова в прошлые периоды в пределах лесного фонда Республики Казахстан было создано более 2 млн. га культур, из которых к 2000 году сохранилось свыше 1 млн. га, а на землях сельскохозяйственного назначения около 0,22 млн. га защитных насаждений, в т.ч. 0,17 млн. га лесных полос (Муканов, 2002). В этот период одну десятую часть лесных ресурсов (около 1 млн. га) страны составляли леса искусственного происхождения.

Леса Северо-Казахстанской области, в соответствии с их экономическим, экологическим и социальным значением, выполняемыми функциями и местоположением, разделяют на несколько категорий (Информационный бюллетень..., 2008).

Так, к лесам второй категории относятся городские леса и лесопарки, запретные полосы лесов по берегам рек, озер, водохранилищ, каналов и др. водных объектов, защитные лесные полосы вдоль железных дорог и автомобильных дорог общего пользования международного и республиканского значения, поле- и почвозащитные леса. Распределение лесов Северо-Казахстанской области (СКО), относящихся ко второй категории представлено в таблице 1.4.

Таблица 1.4. - Распределение лесов Северо-Казахстанской области по категориям (по состоянию на 01.01.2008 г.)

Категории государственного лесного фонда	Общая площадь, га
Городские леса и лесопарки	4729
Зеленые зоны населенных пунктов и лечебно-оздоровительных учреждений	6728
Запретные полосы лесов по берегам рек, озер, водохранилищ и др. водных объектов	7925
Защитные лесные полосы вдоль железных и автомобильных дорог	8932
Поле-почвозащитные леса	519373
Итого:	547687

Согласно сведениям о распределении лесов по категориям на 01.01.2008 г. (таблица 1.4), общая площадь лесов второй категории составляет 547687 га, причем наибольшая площадь приходится на поле-почвозащитные леса (94,8%), защитные лесные полосы вдоль железных и автомобильных дорог занимают 8932 га (1,6%).

Освоение новых целинных и залежных земель в Казахстане, большая часть которых находилась в северных областях, не только закрепляла значение этих областей как житницы республики, но и делала её одной из основных житниц Советского Союза. В связи с освоением огромных массивов целинных и залежных земель, создание полезащитных лесных полос, оказывающих положительное влияние на повышение урожайности сельскохозяйственных культур, являлось жизненно важным мероприятием (Егоренков, 1955).

Одними из первых исследований, в которых показано положительное влияние лесных полос на урожай полевых культур в Сибири показано С.С. Голубинским (1946), А.В. Бальчуговым (1949), В.В. Берниковым (1950), С.Н. Адриановым (1960), П.С. Денисовым (1962), М.Е. Васильевым (1965, 1977), М.Е. Васильевым, Г.Г. Ибрагимовым (1965), В.И. Евсеенко (1981), Я.Н. Ишутиным (2005) и др.

Но в этих исследованиях имелись противоречия. Например, в опытах Л.А. Ламина (1962) плотные и продуваемые лесные полосы по дальности и силе влияния на ветровой режим и урожай сельскохозяйственных культур были одинаковыми.

Большинство же других исследователей указывало на разницу во влиянии на снегоотложение, микроклимат и урожай полос разных конструкций (плотных широких и узких продуваемых). Однако, не было убедительных доказательств о различии во влиянии на урожай ажурных и продуваемых полос одинаковой ширины. Во всех работах, как правило, влияние полос различных конструкций характеризовалось результатами исследований одного года, для объективности же разработки эффективности лесных полос необходимо иметь сведения за разные по увлажнению годы (Федорова, 1967).

Помимо полезных защитных функций особого внимания заслуживает агротехника создания полос.

При закладке лесных полос различали так называемые основные (продольные) и поперечные (вспомогательные) полосы. Учитывая, что рост деревьев зависел от плодородия почвы, расстояние между основными, или продольными, лесными полосами устанавливали в соответствии с почвенными условиями. Кроме основных лесных полос, создаваемых на полях колхозов и совхозов поперек господствующих ветров, закладывали также вспомогательные, или поперечные, лесные полосы.

Для проезда тракторов с прицепными орудиями в местах пересечения основных и поперечных лесных полос, размещенных по границам полей севооборотов, оставляли разрывы шириной 50 метров, а для проезда автомашин и конного транспорта в продольных лесных полосах через каждые 500 метров рекомендовалось оставлять разрывы в 6-7 метров.

Техника посадки лесных полос была не сложна и её с успехом мог выполнить любой колхоз и совхоз. Полезащитные лесные полосы размещали по границам землепользований и в основном по границам полей севооборотов, а при больших размерах полей – внутри их. В колхозах Северного Казахстана рекомендовалось

создавать широкие (18-21 метровые) лесные полосы не менее 11-13 рядов с междурядьями 1,5 метра и расстоянием в рядах между сеянцами 0,7 метра.

Порядок смешения главных, сопутствующих и кустарниковых пород определял собой тип посадки. Различали древесно-кустарниковый, древесно-теневой и смешанный типы посадок. Практика колхозов Северного Казахстана показала, что лесные полосы, созданные чистыми рядами из одних древесных пород без участия кустарников, не оправдывали себя, так как отсутствие кустарников приводило к сильному задернению лесопосадок. Поэтому в северных областях республики рекомендовалось создавать лесные полосы с обязательным участием кустарников (Егоренков, 1955).

Учитывая значительную засоренность земель в колхозах северных областей республики, подготовка почвы под лесопосадки проводилась по системе черного пара. Практика колхозов показала, что приживаемость сеянцев и дальнейший рост их на участках, подготовленных по системе черного, значительно лучше, чем на участках, вспаханных на зябь. Приступали к подготовке почвы сразу же после уборки зерновых культур. На третий год после основной обработки почвы в весенний период приступали к посадке. Позднее исследованиями было доказано что такая подготовка почвы являлась наилучшей в конкретных условиях. Кроме того, при изучении сезонов и сроков посадки была определена их продолжительность. Лучшим сезоном в настоящее время является весна, посадку необходимо осуществлять в течении 5-6 дней до начала распускания почек (Муканов, 2004).

В условиях засушливого климата исключительное значение имело накопление и сбережение влаги в почве. При создании лесных полос этим вопросам уделялось самое серьезное внимание. На участках, вспаханных под лесопосадки, в обязательном порядке следовало осуществлять снегозадержание, лучше всего при помощи щитов.

При выборе посадочного материала в условиях засушливых степных и лесостепных районов только мощная и хорошо развитая корневая система обеспечивала успех лесопосадок.

В большинстве колхозов северных областей республики посадку производили под лопату. Механизированная же посадка лесных полос в то время осуществлялась машинами СЛЧ-1 (конструкции инженера Чашкина) с ручной подачей семян и СЛН-1 (конструкции инженера Недашковского) с механизированной подачей.

Основное правило хорошего ухода за лесопосадками заключалось в том, чтобы почва в лесной полосе была рыхлой и чистой от сорной растительности. Рыхление междурядий осуществлялось тракторными и конными культиваторами, лущильниками и плугами, а полка и рыхление в рядах – мотыгами.

Создание полезащитных полос являлось составной частью производственного плана колхоза, в котором предусматривались все виды работ по лесопосадкам и уходу за ними с указанием техники выполнения, затрат труда, посадочного материала и т.д. Для охраны полезащитных лесных полос правление колхоза выделяло специальных сторожей и закрепляло за ними определенные участки.

Колхозы и совхозы северных областей Казахстана должны были развернуть массовое полезащитное лесоразведение и обеспечить создание полноценных, долговечных и устойчивых лесных полос (Егоренков, 1955).

1.3. Озеленение автомобильных и улучшенных грунтовых дорог

Опыт эксплуатации автомобильных и улучшенных грунтовых дорог, расположенных вдоль границ севооборотных площадей или пересекающих поля колхозов и совхозов показал, что самым эффективным, долгодействующим и доступным для хозяйств и дорожных организаций средством защиты дорог от снежных заносов и пыльных бурь являются придорожные снегозащитные лесные полосы, выполняющие одновременно декоративную роль.

В степной и лесостепной зонах насаждения, созданные вдоль автомобильных дорог, кроме всего прочего, имеют и полезащитное значение. По данным Г.И. Матякина (Лесные защитные насаждения, 1963) на 1 января 1962 года вдоль

автодорог было создано защитных и декоративных лесных насаждений (тыс./га): в РСФСР – 21,9, в УССР – 69,9, в Узбекской ССР – 8,1, в Казахской ССР – 4,2, в Белорусской ССР – 2,4, в Туркменской – ССР – 1,5. В остальных республиках площадь аналогичных насаждений была менее 1 тыс./га.

В советский период широко применялась практика создания вдоль автомобильных дорог насаждений, имеющих комплексное значение для народного хозяйства. Так, в УССР и ряде южных областей РСФСР совхозы и колхозы стали широко применять закладку вдоль дорог плодовых садов шириной 100-150 м, которые имели преимущества в отношении вывозки продукции и в то же время выполняли для дорог снегозащитную и декоративную роль.

Дорожное озеленение располагает рядом полезных качеств. Так, например, (Журнал «Декоративное искусство СССР», 1959) отмечается положительное влияние зеленого цвета насаждений, он в большей степени благоприятен для человека – по их данным он улучшает слух, мускульно-двигательную работоспособность и кровообращение, а также положительно влияет на психику, способствует уменьшению внутриглазного давления. Для водителей, такое воздействие играет очень важную роль.

Современные условия эксплуатации полосы отвода автомобильных дорог очень часто трактуются экономической составляющей, которая заключается в хаотичном размещении рекламных щитов, вывесок, баннеров и прочей наружной рекламы, которые пестрят яркой окраской.

В свою очередь хаотичность размещения цветовых акцентов и необоснованной, а порой и резкой перемены визуальных ориентиров, как отмечается в трудах многих авторов (Семенова, 2007; Городков, 2013; Семенкова, 2019), может спровоцировать внутренний дискомфорт и беспокойство. На водителей транспортных средств, это может оказать негативный эффект. В этом случае возрастает эстетическая и «сглаживающая» роль зелени придорожных защитных насаждений.

Помимо эстетического оформления придорожных территорий, особое внимание уделяется борьбе со снегом и льдом на автомобильных дорогах, особенно

в условиях, где к дорогам приносится большой объем снега. В Казахстане в качестве снегозадерживающих устройств долговременного действия предусматриваются пока одни придорожные снегозащитные лесонасаждения (Методические рекомендации..., 1973).

По сравнению с искусственными снегозащитными устройствами (переносные щиты, заборы и т.п.) снегозащитные насаждения требуют наименьших затрат труда и средств и при соответствующей конструкции и правильном размещении надежно защищают дороги (Лесные защитные насаждения, 1963).

Расположение снегозащитной полосы от бровки дороги и ширина самой лесополосы зависят от степени снегозаносимости различных отрезков дороги. По утверждению И.Д. Шерлина (1957) в степных районах Северного и Западного Казахстана, где скорость ветра в зимний период часто превышает 20 м в секунду, незаносимыми могут быть только те участки дорог, которые проходят по высокой насыпи. По его рекомендациям следовало на незаносимых участках дороги создавать узкие лесные полосы шириной не более 10-15 м. Однако удельный вес таких участков был сравнительно невелик, поэтому автор считал, что в Северном Казахстане следует создавать насаждения на всем протяжении дорог, но различной ширины, в зависимости от степени заносимости. В местах, где можно ожидать скопления больших масс снега, нужно применять многополосную систему защитных насаждений, предложенную А.А. Поветьевым для железных дорог, по следующей схеме: со стороны поля высаживается девятирядная ветроломная лесная полоса шириной 12 м, а дальше, через 25 м, - семирядные внутриполосные ветроломы шириной по 9 м. Преимущества многополосной системы состоят в том, что в засушливых условиях ветроломные полосы обеспечиваются дополнительной влагой за счет её накопления в межкулисных разрывах, выполняющих роль «магазинов влаги». Рекомендую многополосную систему И.Д. Шерлин (1957) одновременно отмечает, что при распашке целинных земель, полосы отчуждения, примыкающие к автомобильным и улучшенным грунтовыми дорогам, обычно оставлялись такой ширины, что зачастую разместить на них снегозащитные

насаждения по системе А.А. Поветьева не представлялось возможным. И, чтобы создать на таких участках защиту не только для дороги, но и для сельскохозяйственных полей дорожные службы вели проектирование лесонасаждений совместно с хозяйствами, по территории которых прокладывались или уже были проложены автомобильные и улучшенные грунтовые дороги.

Шерлин И.Д. (1957) ссылаясь на опыт создания колхозами и сельскохозяйственными станциями снегозащитных насаждений вдоль дорог считал большим недостатком непосредственное примыкание полос к полотну проезжей части дороги. По мнению автора, насаждения, создаваемые вдоль автомобильных и улучшенных грунтовых дорог, не должны приближаться к полотну меньше чем на 20 м. Иначе будут происходить заносы дороги за счет шлейфа снежных отложений.

По утверждению М.Е. Васильева и Г.Г. Ибрагимова (1965) «Если на один погонный метр дороги в течение зимы откладывается 25-50 кубических метров снега, то придорожная полоса должна состоять из шести-восьми рядов и иметь ширину 15-20 м, находиться на расстоянии не менее 15 м от проезжей части. С повышением снегозаносимости число рядов в полосах и расстояние между крайним рядом и полотном дороги должно увеличиваться. При небольшой снегозаносимости и малой грузонапряженности дороги можно создавать придорожные полосы аллеяного типа из крупномерного посадочного материала по одному ряду с обеих сторон дороги, отступая на 3-4 м от бровки дороги».

В настоящее время развитие экономики, поспособствовало существенному увеличению доли автотранспорта на душу населения, и привело к значительному увеличению его роли. Поэтому вопросы обеспечения бесперебойности движения по автомобильным дорогам, а вместе с этим и вопросы снегозащитного озеленения приобрели особо важное значение.

В настоящее время, несмотря на наличие снегоочистительной техники, на многих автомобильных дорогах затруднения в движении, которые вызываются снежными заносами, пока отмечаются систематически. Это как правило наносит удар по логистике и экономике автотранспорта, заключающийся в увеличении

себестоимости перевозок. Себестоимость перевозок прогрессивно и резко увеличивается с уменьшением скорости движения автомобилей. По данным Г.И. Матякина (Лесные защитные насаждения, 1963), уменьшение скорости движения с 60 до 40 км/час увеличивает себестоимость перевозок на 1/4, а снижение скорости от 20 до 10 км/час увеличивает себестоимость перевозок вдвое и трое. Такие данные подтверждают рентабельность зимнего содержания автомобильных дорог и целесообразность затрат на снегозащитные мероприятия.

В таком случае следует учитывать, что средства, затраченные на снегоочистку, имеют временный эффект, т.е. только на то время, когда проводится снегоочистка, а средства, затраченные на выращивание, уход и реконструкцию снегозащитных насаждений, имеют постоянный эффект до тех пор, пока существуют эти насаждения.

По признанию многих авторов (Основы агролесомелиорации, 2007; Кружилин и др., 2018) снегозащитные насаждения, которые были правильно созданы и размещены, являются самым надежным и наиболее экономичным средством защиты дорог от снежных заносов, однако следует отметить, что такой защите автомобильных дорог, порой, по разным причинам уделяется мало внимания.

Снегозащитные посадки, которые создавались вдоль автомобильных дорог до 60-х годов XX в., во многих районах оказались недостаточно эффективными. Например, при объеме приносимого к дороге снега свыше 50 м³ на 1 пог. м данные насаждения не могли обеспечивать защиту дорог от снежных заносов. Кроме этого, многие участки автодорог были подвержены заносам из-за того, что сформировавшиеся снегозащитные полосы не только не обеспечивали защиту дорог от снежных заносов, но зачастую наоборот, даже усиливали их.

Главным недостатком ранее созданных снегозащитных насаждений вдоль автодорог являлось недостаточное расстояние от них до дороги, не соответствующее объему приносимого к дороге снега. Данное расстояние, в редких случаях не превышало 20 м, а очень часто составляло 15-18 м и иногда всего лишь 11-13 м. По этой причине ширина заветренной части снежного вала получалась

больше, чем расстояние от посадок до дороги, и снежный вал выходил на проезжую часть, создавая мощные заносы (Основы агролесомелиорации, 2007).

Применявшееся ранее в посадках, а иногда и в настоящее время, подеревное смешение древесных и кустарниковых пород приводило к угнетению или даже к полному выпадению кустарников по мере увеличения возраста насаждения и сомкнутости древесного полога. В результате этого снегозащитные полосы приобретали продуваемую конструкцию и осуществляли снегозадержание не в полосе и около неё, а на самой дороге, создавая на ней мощные заносы.

Таким образом, неправильное проектирование защитной полосы и размещение пород в ней особенно сильно проявляется с увеличением возраста насаждений и в процессе рубок ухода, ослабляя её эффективность.

Одними из первых масштабных исследований защитных свойств лесных полос от снежных заносов, с целью разработки наиболее рациональных конструкций снегозащитных насаждений и их размещения относительно полотна дороги были проведены всесоюзным научно-исследовательским дорожным институтом (СоюздорНИИ). Опытные посадки для данных целей закладывались из крупномерного посадочного материала на автодорогах в Куйбышевской, Пензенской, Орловской, Ленинской, Курской, Кокчетавской и других областях. По данным проведенных исследований были разработаны новые схемы размещения и конструкции снегозащитных насаждений вдоль автомобильных дорог.

Защитные насаждения, созданные по данным схемам, должны были обеспечивать задержание снега объемом (W) от 25 до 200 м³ на 1 пог. м, при этом не допуская выхода снежного вала на проезжую часть дороги.

По данным проведенных исследований (Матякин, 1971) было установлено, что узкие малорядные полосы исключали опасность снеголома насаждений и уменьшали площадь снегозащитных посадок, в связи с чем экономились затраты труда, средств и земельной площади на их создание.

По результатам разработанных СоюздорНИИ схем снегозащитных насаждений, по сравнению с прежними схемами, был экспериментально установлен ряд преимуществ: широкие междурядья в полосах позволяли

механизировать уход за почвой, увеличение густоты посадки в рядах усиливало снегосборную способность полос и исключало трудоемкие работы по дополнению посадок, что в свою очередь давало экономию порядка 10% общих затрат на выращивание насаждений, в результате сокращения числа рядов и их протяженности (погонный метр на 1 га) и вследствие этого сокращения объема уходов за почвой в рядах посадки, экономия составляла не меньше 25% от общих затрат.

Данные исследования, впоследствии, послужили основой для разработки методических рекомендаций по созданию снегозащитных насаждений в зависимости от природно-климатических условий в различных областях (Матякин, 1962, 1967; Указания по совершенствованию, 1968).

Многие способы защиты автомобильных дорог от снежных заносов, состоящих в задержании огромных масс снега около самой дороги, являются нерациональными, прежде всего потому, что это снег, сдуваемый с полей. Особенно актуален этот вопрос в лесостепных зонах юга Западной Сибири, где примыкающие к автодорогам поля имеют аграрную направленность. Совершенно ясно, что снег необходимо задерживать не в полосе отвода автомобильных дорог, а на полях. Снегозадержание на полях должно осуществляться главным образом за счет системы полезащитных лесных полос.

Исследования процесса переноса снега (Мельник, 1952; Комаров, 1954; Дюнин, 1963; Методические рекомендации..., 1973) свидетельствуют о том, что дальность свободного переноса снега в основном ограничивается расстоянием в 1 км и, как правило, не превышает 3 км. В связи с этим защиту дорог от снежных заносов снегозадержанием нужно проводить только в придорожных полях, и это в свою очередь должно быть достаточно интенсивным, чтобы не пропускать к дороге значительное количество снежных масс.

При рациональной системе земледелия и системе комплексной защиты автодорог снегозадержание должно состоять из системы полезащитных лесных полос и снегозащитных дорожных насаждений. В связи с этим, дорожные насаждения должны по возможности иметь универсальное значение в соответствии

с местными условиями и потребностями, но не в ущерб их прямому назначению. Эффективность комплексной системы снегозащиты дороги была доказана опытным путем на примере системы НПЦ зернового хозяйства им. А.И. Бараева (ранее Всесоюзный научно-исследовательский институт зернового хозяйства) расположенной по трассе А-1 «Астана-Петропавловск» на участке «Нур-Султан-Шортанды». Эта система состояла из шести параллельных полезащитных полос с расстоянием между ними 250 м, трех кустарниковых кулис и одной придорожной полосы. Такой комплексный метод снегозащиты автодорог являлся наиболее эффективным, не только с точки зрения защиты дорог от заносов снегом, но и значительно повышающим весеннее задержание влаги на сельхоз полях.

По результатам многолетних исследований, проведенных Казахстанским филиалом СоюздорНИИ, было разработано девять инструктивных документов по выращиванию древесных насаждений из перспективного ассортимента древесно-кустарниковых и плодовых пород, в зависимости от почвенно-климатических условий республики, а также ряд рекомендаций по оптимальным параметрам конструкций снегозащитных насаждений.

Главным фактором, в условиях сухих степей, полупустынных и пустынных зон Казахстана, определяющим конечный успех создания лесных насаждений является вода (Ражанов, 2015). Поэтому при озеленении автомобильных дорог использовались такие агротехнические мероприятия, при которых особое внимание уделялось накоплению и сохранению влаги в почве.

В КазНИИЛХА влияние лесных полос на распределение и накопление снега изучалось на девяти стационарах, расположенных в шести областях Северного и Западного Казахстана с различными природными условиями. Объектами исследования служили на тот момент сравнительно молодые отдельные лесные полосы и небольшие сети еще не взаимодействующих лесных полос в возрасте 5-14 лет, высотой от 3 до 7 метров. По результатам 4-х летних наблюдений за распределением снега в различных системах лесных полос было установлено, что характер снежных отложений, запас снеговой воды на облесенных полях зависят от конструкции лесных полос, их возраста, защитной высоты, расстояния между

лесными полосами, от общего количества твердых осадков, а также числа, направления и интенсивности метелевых ветров (Отчет о научно-исследовательской работе..., 2000).

Исходя из вышеизложенного, посадку лесных полос, и как следствие создание устойчивого и долгодействующего агролесомелиоративного каркаса территории, следует сосредоточить в одном месте, например, в одном областном районе, с тем, чтобы в течение ближайших лет полностью обсадить все поля севооборота и примыкающие к ним автодороги защитными лесными насаждениями. Только после этого целесообразно переходить к посадкам в другое место – в следующем, административном районе. Закладку лесных полос, по полям севооборотов, надо начинать с участков, наиболее открытых, подверженных действию ветровой эрозии, а вдоль автодорог, на участках подверженных и потенциально подверженных снегозаносам, и в зависимости от лесорастительных условий с обязательным соблюдением всех методических рекомендаций по проектированию, созданию и технологии выращивания защитных лесных полос.

Одной из главных, а на начальных этапах и основной задачей защитного лесоразведения в условиях Северных территорий Казахстана является создание долговечных и устойчивых насаждений. Эффективность выполняемых ими функций, зависит от рационального с лесоводственной точки зрения подбора древесно-кустарниковых видов, с учетом таких важнейших факторов как: природно-климатические и почвенно-грунтовые условия, ветровой режим территории, степень снегопереноса, расстояния между лесными полосами, видового состава, а также их строения (Обезинская, 2016).

Современное состояние защитных лесных полос является объектом серьезного изучения многих исследователей этого вопроса (Данчев, 2013; Шишкин, 2015; Обезинская, 2016; Кабанова, 2016; Здорнов, 2018). Во многих областях Северного Казахстана (Павлодарской, Акмолинской, Костанайской и Северо-Казахстанской) были проведены исследования, направленные на изучение состояния и сохранности полосных и групповых посадок, расположенных на сельхоз полях и в полосе отвода автодорог.

Результаты проведенных натурных обследований древостоев защитных полос являются крайне неудовлетворительными. Повсеместно отмечается самовольная вырубка местным населением, повреждения насаждений пожарами от сельхоз палов, а также пожаров, возникших и распространившихся по вине людей от обочин автодорог.

Многие гектары агролесомелиоративных насаждений (АЛМН) по данным исследований (Кабанова, 2016) подлежат списанию. В целом же, многие полосы, некогда представлявшие из себя километры, а то и десятки километров сплошных защитных насаждений в настоящее время характеризуются выпадом не только отдельных рядов (Шишкин, 2015) но чаще полным распадом. Из-за отсутствия лесоводственных уходов, защитные полосы находятся в загущенном состоянии, отмечаются бурелом и ветровал, все это привело к смене их первоначальных конструкций.

В настоящее время перед государством и работниками лесного хозяйства Казахстана стоит задача не только создавать новые защитные насаждения, но уделять пристальное внимание сохранению ныне существующих, с последним, как показывает практика, дела обстоят не лучшим образом. Главной задачей на данный момент является создание целостного ландшафтно-системного обустройства сельскохозяйственных земель и формирование на этих землях сбалансированных высокопродуктивных агроэкосистем.

Должен быть утвержден статус защитных лесных насаждений как охраняемых территорий с одновременной их передачей землевладельцам и отнесением в гослесфонд. Пока не будут решены данные задачи дальнейшая деградация защитных лесных полос будет неизбежно продолжаться.

Выводы

1. В данной главе мы приводим сведения о состоянии и развитии защитного лесоразведения на территории Западной Сибири и Северного Казахстана в отдельные периоды развития агролесомелиорации в данных регионах, чтобы

отразить суть исследуемого вопроса в целом. Поэтому мы не приводим детальные исследования по истории лесного хозяйства и агролесомелиорации в хронологическом порядке.

2. В настоящее время создаваемые защитные лесные насаждения, к сожалению, не всегда оказываются устойчивыми. Допущенные ошибки в подборе пород привели к раннему распаду многих защитных полос. Полезные свойства, в частности придорожных насаждений, слабоизучены, во многих случаях не исследованы параметры их эффективности.

3. Несмотря на значительные успехи, темпы создания снегозащитных насаждений в республике на данный момент еще недостаточны. Многие автодороги на большом протяжении до настоящего момента не имеют снегозащитных насаждений, а некоторые участки лесных полос были созданы без правильного учета объема приносимого снега, имеют недостаточную снегоемкость, часто отрабатываются, подвергаются снеголому и не обеспечивают защиту дорог от заносов.

4. Планирование лесопосадочных работ в северных областях республики Казахстан должно осуществляться на научной основе и быть направлено на быстрое создание связанных в единую систему снегозащитных и придорожных насаждений, а не выращивание отдельных лесных полос, расположенных друг от друга на несколько километров.

5. Решение вышеперечисленных задач требует постоянного совершенствования выращивания леса и эффективности лесохозяйственного производства – все это зависит от степени изученности эколого-ценотических закономерностей роста и продуктивности лесных насаждений, а также своевременной оценке состояния защитных насаждений для обоснованного назначения и проведения санитарно-оздоровительных мероприятий.

6. Решение перечисленных вопросов будет способствовать дальнейшему успешному развитию теории и практики защитного лесоразведения на юге Западной Сибири и территориях Северного Казахстана.

ГЛАВА 2. ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1. Географическое положение и лесорастительное районирование

Северо-Казахстанская область расположена на самом севере Казахстана, а в физико-географическом отношении – на южной окраине Западно-Сибирской равнины и частично – на территории Казахского мелкосопочника (Сары-Арки). Расстояние в градусах между крайними точками области составляет: 8°05' – по долготе, 3°13' – по широте. Расстояние по прямой между крайними точками в направлении «Север-Юг» равно 375 км, а «Запад-Восток» - 602 км (Информационный бюллетень..., 2008). Площадь территории области составляет 98,0 тыс. км² (Республика Казахстан. Окружающая среда..., 2010; Агроклиматические ресурсы..., 2017).

Первое ботанико-географическое районирование растительности Западной Сибири, включая Казахстан, и её описание выполнено В.И. Барановым (Баранов, 1927). Краткие сведения о происхождении и состоянии лесов казахских степей приводит П.Л. Горчаковский (1949) в работе о таежных и лесостепных березняках Приобья. Обстоятельное описание колочных лесов Северного Казахстана, и их лесотипологическая классификация выполнены Л.Ф. Демидовской (1958).

Современное лесорастительное районирование и лесотипологическая классификация колочных лесов Северного и Центрального Казахстана на биогеоценотической основе проведены В.Н. Бирюковым (1974). При этом им использованы научные принципы, предложенные Л.Н. Грибановым (1966), и выделены две группы формаций лесов (Байзаков, 1996).

Территория районов исследования относится к формации Казахстанско-Западно-Сибирской провинции типичных колочных осинников и березняков местами с остаточными сосняками. Карта-схема расположения района исследований представлена на рисунке 2.1.

Согласно схемы лесохозяйственных районов Казахстана (ЛХР) (Серова, 1982) район проведения исследований относится к району берёзовых колючечно-массивных лесов лесостепной зоны с эксплуатационно-защитным (полезащитным) направлением ведения хозяйства.

В соответствии со схемой лесомелиоративного районирования лесостепной, степной и полупустынной зон Казахстана предложенной В.В. Бозриковым и Б.М. Мукановым (1997) район проведения исследований относится к Северо-Казахстанскому и Зауральско-Ишимскому волнисто-равнинному лесомелиоративным районам.

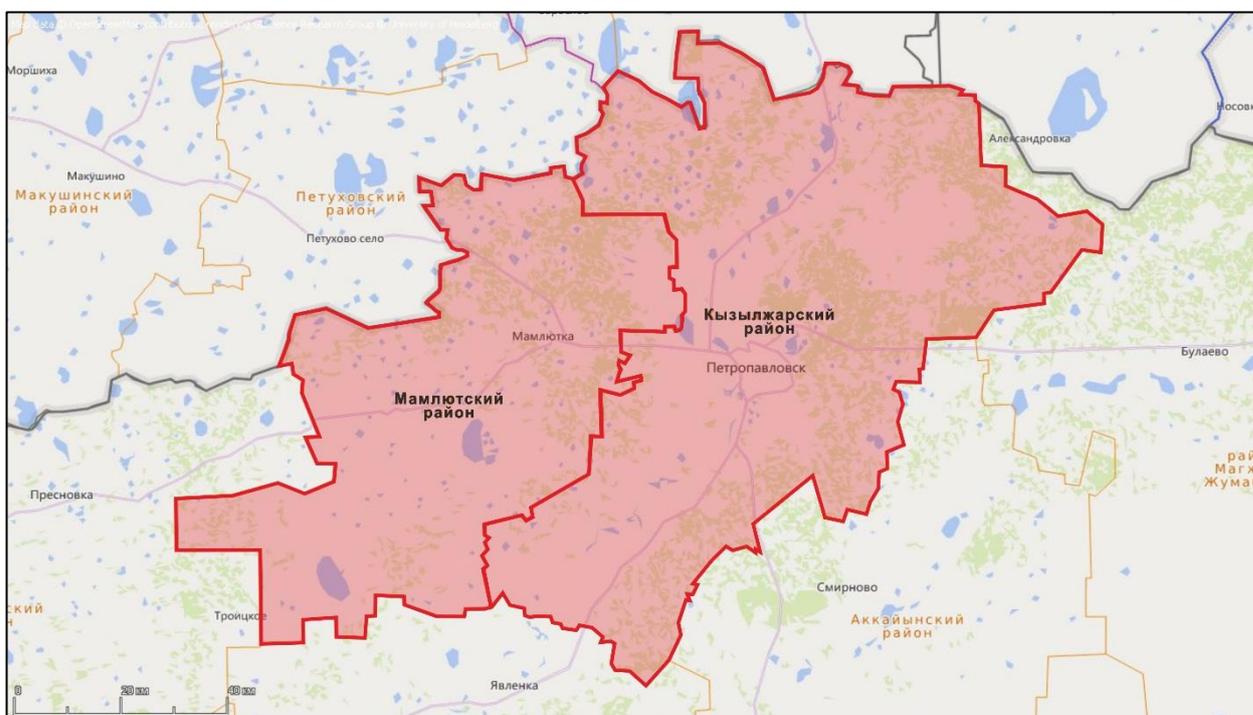


Рисунок 2.1. - Территория районов исследования

2.2. Ветровой режим территории

Территория Северо-Казахстанской области находится под воздействием, с одной стороны, выноса в летний период сухих перегретых тропических масс воздуха из пустынь Средней Азии и Центрального Казахстана, а с другой стороны, вторжения холодных арктических и полярных масс воздуха через Западно-

Сибирскую низменность в период суровой малоснежной с сильными ветрами зимы сибирского типа.

Довольно часто в летнее время сухие холодные массы воздуха, поступающие на территорию Казахстана, под влиянием подстилающей поверхности прогреваются, еще более обезвоживаются и трансформируются в континентально-тропический воздух, усиливая развитие засух и проявление суховеев.

Что касается атлантических влажных потоков с запада, то они или не достигают Северного Казахстана, или приходят на эту территорию в значительно ослабленном виде.

В зимний период часто дуют сильные ветры (2-8 дней в месяц), господствуют метели (5-8 дней в месяц). Ветер преобладает юго-западный. Средние скорости ветра 5-6 м/с.

Весна отличается наибольшими в году скоростями ветра (средняя месячная скорость ветра 5-6,5 м/с), что обуславливает быстрое иссушение почвы.

Ветровая деятельность летом значительная, но сравнительно с зимой и весной слабее. Средние месячные скорости ветра летом составляют 3,5-4,5 м/с. В теплое время года наблюдаются пыльные бури в среднем 3 дня за год, максимальная повторяемость их в отдельные годы – 10-12 дней. Местами повторяемость пыльных бурь рознится (Агроклиматический справочник..., 1958).

Для равнинного Казахстана по данным А.С. Утешева климатически закономерно наблюдается последовательное уменьшение скоростей ветра с севера на юг. Общий характер уменьшения скоростей ветра с севера на юг Казахстана обуславливается своеобразием его сезонных барико-циркуляционных условий в сочетании с орографическими особенностями местности (Климат Казахстана, 1959).

В таблице 2.1 приведена средняя годовая повторяемость скоростей ветра для Северного Казахстана (по А.С. Утешеву).

Таблица 2.1. - Средняя годовая повторяемость скоростей ветра по данным срочных наблюдений для Северного Казахстана

Значения скорости ветра, м/с	0–1	2–5	6–10	11–15	>15
%, дней	13–23	40–54	22–31	3–9	2–4

Данные таблицы 2.1. свидетельствуют о преобладании скорости ветра двух градаций: 2–5 и 6–10 м/с. Они определяют среднюю годовую повторяемость скоростей ветра для данного региона. Общая тенденция изменения ветрового режима Северо–Казахстанской области следующая: в апреле ветер усиливается, к лету ослабевает и в июле достигает минимальной скорости, далее к осени ветер усиливается (Агроклиматические ресурсы..., 2017).

Анализ данных ветрового режима в 2017 и 2018 годах по Мамлютскому и Кызылжарскому районам Северо–Казахстанской области показал, что преобладающими являются ветры западных (З) и юго–западных (ЮЗ) румбов. В процентном соотношении их повторяемость составляет более 22%. Среднегодовая роза ветров (по данным www.gismeteo.kz) приведена на рисунке 2.2.

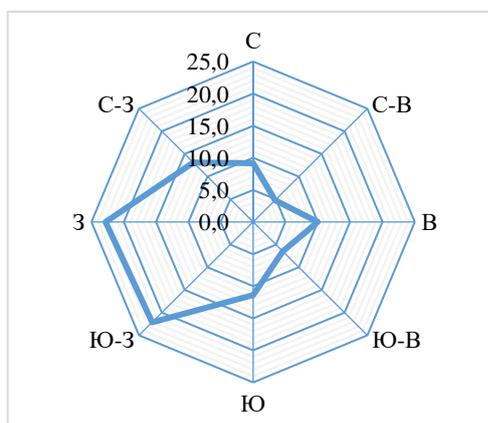


Рисунок 2.2. – Среднегодовая роза ветров по исследуемым районам, %

В целом стоит отметить, что ветровой режим по исследуемым районам практически идентичен, ввиду их физико-географического положения. Штиль в среднем наблюдается 8 дней в году.

В годовом ходе скоростей ветра (рисунок 2.3.), наблюдаются два максимума (май и октябрь). Ветер усиливается в апреле, и к маю достигает максимальной скорости в весенний период (6,21 м/с), далее ослабевает к лету (4,42-4,85 м/с), затем к осени ветер усиливается и достигает второго максимума в октябре (5,11 м/с).

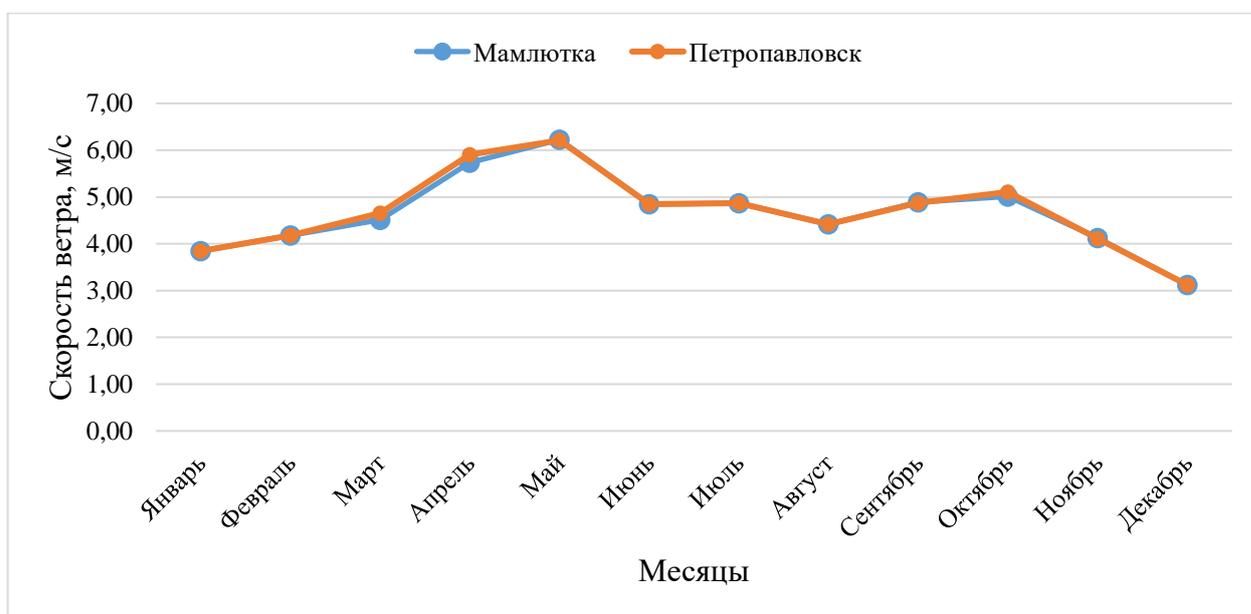


Рисунок 2.3. – Годовой ход среднемесячных скоростей ветра за период наблюдений

Полученные данные по среднемесячным скоростям ветра вполне корректно согласуются с многолетними данными ветрового режима по Северо-Казахстанской области. Стоит отметить, что такая картина ветрового режима по исследуемым районам может несколько отличаться по годам.

2.3. Термический режим и атмосферные осадки

В основу агроклиматического районирования положена степень увлажнения или гидротермический коэффициент (ГТК). Этот показатель характеризует не только степень увлажненности, но и соотношение тепла и влаги. По данному районированию на территории Северо-Казахстанской области выделено две зоны:

I – лесостепная с подзонами а) северная лесостепь и б) южная лесостепь, II – зона умеренно засушливых степей (Агроклиматический справочник..., 1958) и три агроклиматические области (таблица 2.2.).

Таблица 2.2. - Агроклиматическое районирование Северо-Казахстанской области

п/п	Агроклиматическая область	Значение ГТК (по Г.К. Селянинову)	Суммы температур
1	Слабо-влажная умеренно теплая	1,0-1,1	2000-2100°C
2	Засушливая умеренно-теплая	1,0-0,8	2100-2200°C
3	Засушливая теплая	0,9-0,7	2200-2400°C

На рисунке 2.4. приводится климатограмма по количеству осадков и температур для районов исследований, построенная по данным многолетних наблюдений (с 2008 по 2018 год)

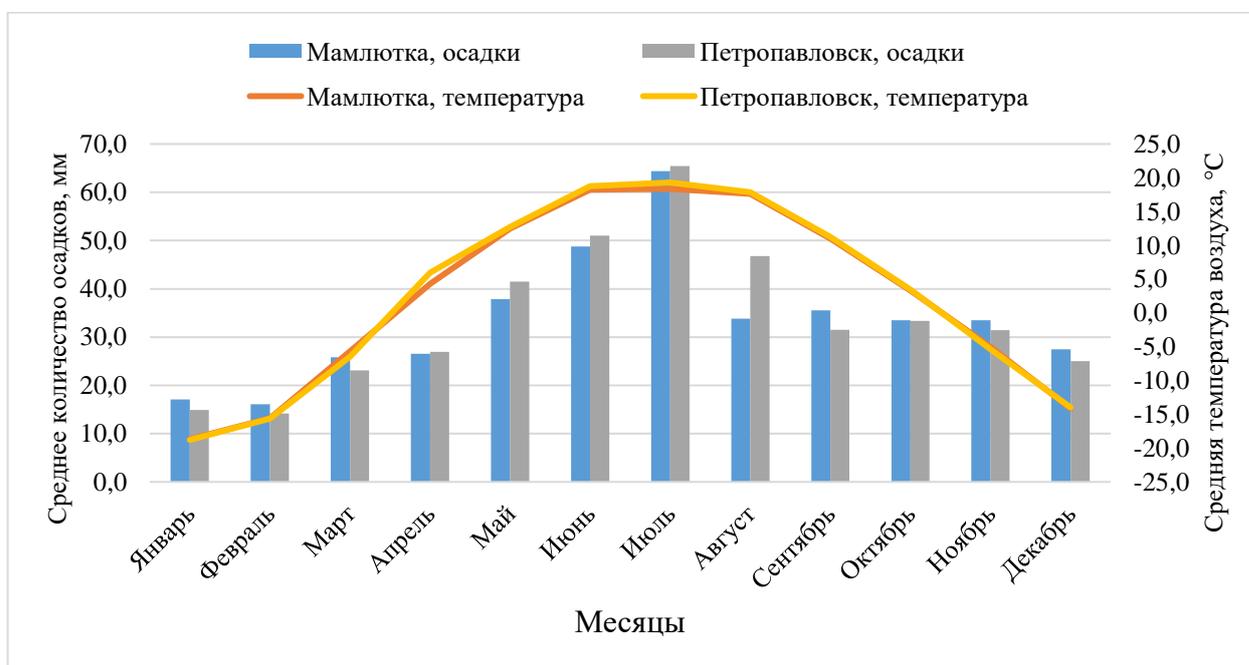


Рисунок 2.4. – Климатограмма, построенная по среднемноголетним данным по количеству осадков и температур для районов исследований

В годовом ходе среднемноголетние данные по количеству осадков закономерно возрастают к лету и уменьшаются к зиме. Максимум осадков приходится на летние месяцы, в частности в июле, по среднемноголетним данным, может выпадать до 65,5 мм (в разные годы в июле может выпадать до 155,6 мм). Минимум же выпадает в феврале, 14,2-16,1 мм. По полученным данным, с началом холодного периода (с ноября) отмечается уменьшение количества осадков, вплоть до февраля. За теплый период (с апреля по октябрь) года осадков выпадает больше по сравнению с холодным в среднем в 2,3 раза.

Среднемноголетняя месячная температура воздуха достигает наибольшего значения в июле (18,4°C) а наименьшего в январе (минус 18,7°C). В целом, по районам исследования температурный режим практически не отличается.

В таблице 2.3., приведены данные по годовому количеству осадков за период наблюдений, с 2008 по 2018 год по исследуемым районам.

Таблица 2.3. – Количество осадков по годам, за период наблюдений по районам исследований

Год наблюдений	Количество осадков за год, мм	
	Мамлютка	Петропавловск
2008	421,1	375,4
2009	301,8	395,5
2010	263,1	291,8
2011	454,1	471,3
2012	416,7	376,4
2013	405,6	441,9
2014	471,4	396,5
2015	435,6	555,7
2016	443,5	413,7
2017	359,4	330,8
2018	430,9	407,9

Как следует из данных таблицы 2.3. количество осадков по исследуемым районам за год выпадает в среднем порядка 400 мм. В разные года, данный показатель разнится. К примеру, они менялись от 164 мм (1936 г.) до 619 мм (1905 г.) и 594 мм (1995 г.). Так, наименьшим по количеству осадков за исследуемый период выделяется 2010 год, который являлся наиболее засушливым. Сумма осадков составила 263,1 мм по Мамлютке и 291,8 мм по Петропавловску, это меньше на 34,2% и 27% соответственно от среднего показателя. Помимо минимального показателя по годовому количеству осадков, в разные годы в районах может выпадать от 471,4 до 555,7 мм осадков. Описывая распределение осадков по территории Казахстана Утешев А.С. отмечает, что данный район входит в узкую полосу районов лесостепи. Эта полоса вытянута примерно с севера на юг, и своей центральной частью проходит через Петропавловск (Климат Казахстана, 1959). Здесь отмечается увеличение количества осадков.

На рисунке 2.5. представлены показатели средней многолетней абсолютной амплитуды месячных температур по районам исследований.

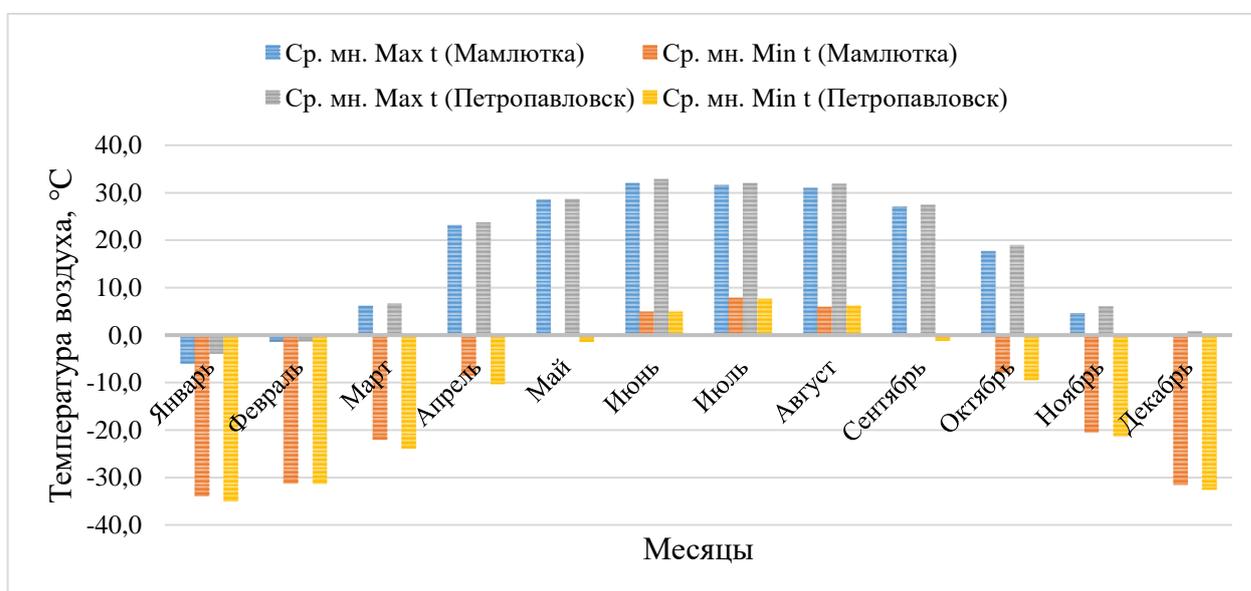


Рисунок 2.5 – Средняя многолетняя абсолютная амплитуда месячных температур по районам исследований

Значения среднегодовых месячных максимальных (Max t°C) и минимальных (Min t°C) температур воздуха характеризуют амплитуду изменения температурного режима отдельного месяца. Так, по данным рисунка 2.5, наибольшими значениями изменения температурного режима (*от минимальной месячной температуры до максимальной) характеризуются апрель и декабрь (>30°C). По этим месяцам амплитуда может варьировать от 31,6 до 34,1 в апреле и от 31,6 до 33,4°C в декабре. Наименьшие значения наблюдаются в июле, и соответствуют от 23,7 до 24,4°C.

Показатели влажности воздуха по районам исследований приведены с 2010 по 2018 год. Данные по средней многолетней относительной влажности воздуха представлены на рисунке 2.6.

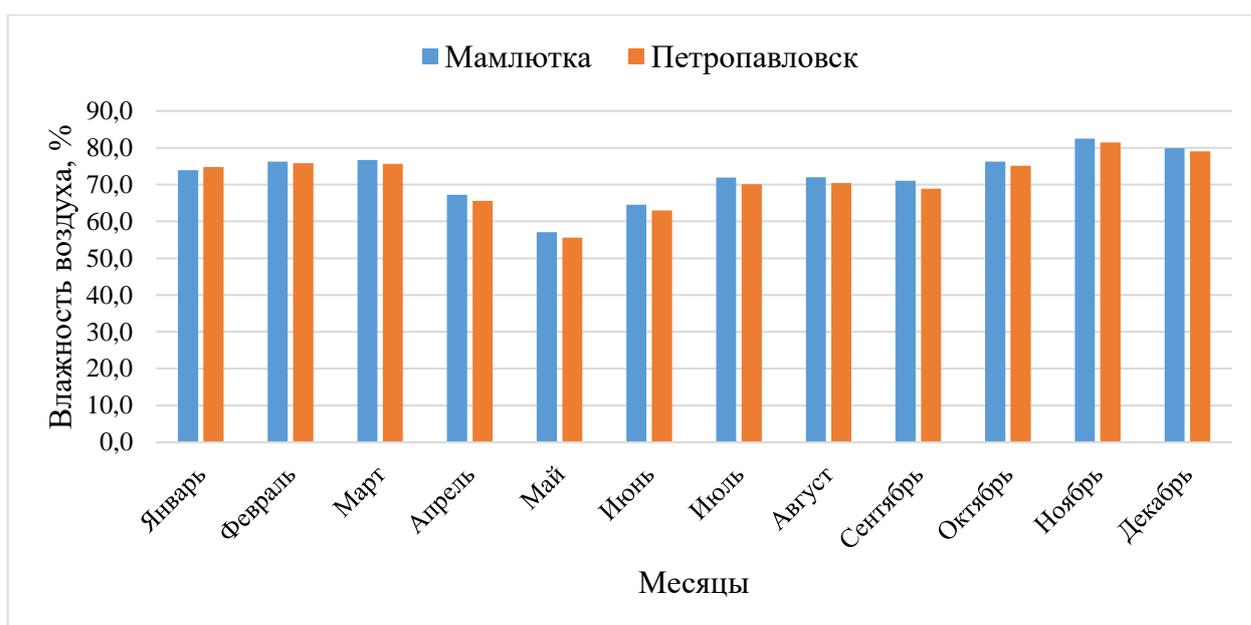


Рисунок 2.6 – Средняя многолетняя относительная влажность воздуха по районам исследований

По данным рисунка 2.6, относительная влажность воздуха по районам исследования находится в пределах от 55,6 до 82,4%, и возрастает от лета к зиме. Максимальные значения в годовом ходе относительной влажности по многолетним наблюдениям характерны для ноября, и варьируют в пределах от 81,4 до 82,4%. За период наблюдений (с 2010 по 2018 год) относительная влажность воздуха в ноябре

не опускалась ниже 79%. Минимальные значения характерны для мая (55,6-57,1%). В отдельные годы наблюдений, данный показатель мог соответствовать 49%.

Показатели минимальной относительной влажности и максимального дефицита влажности воздуха по районам исследований приведены с 2011 по 2018 год. Дефицит влажности приведен по исследуемому району Мамлютка.

Данные по средним многолетним показателям минимальной относительной влажности воздуха и максимального дефицита влажности по районам исследований представлены на рисунке 2.7.

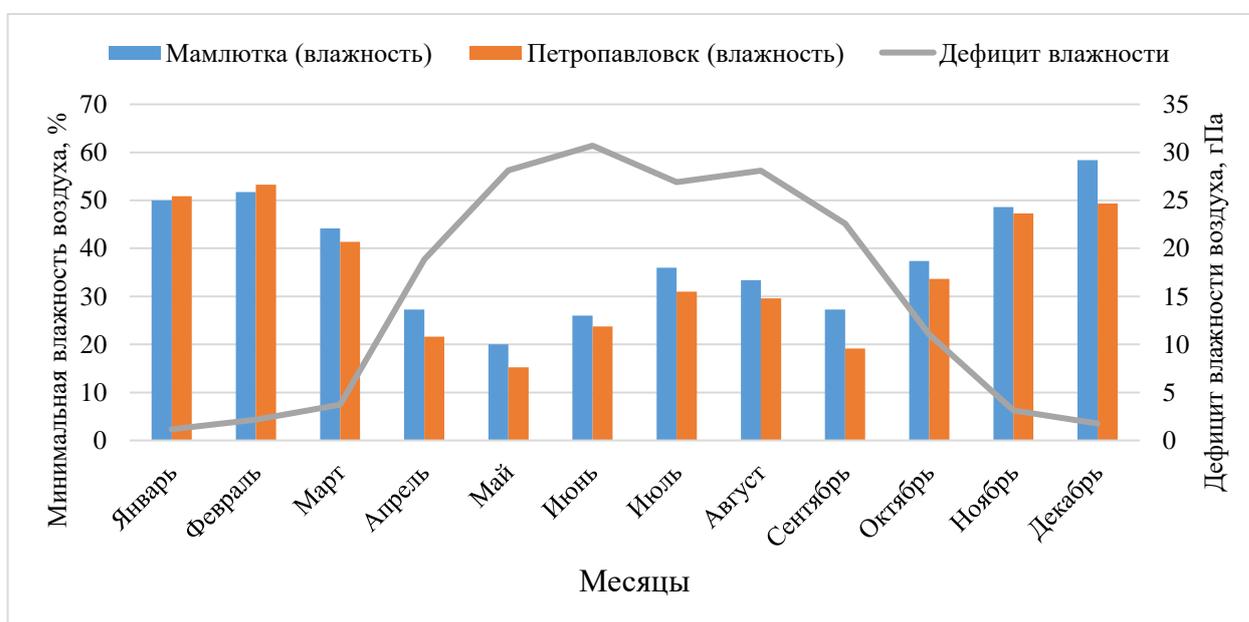


Рисунок 2.7 – Средние многолетние показатели минимальной относительной влажности воздуха и максимального дефицита влажности по районам исследований

Как следует из приведенных данных (рисунок 2.7), средний многолетний максимальный дефицит влажности в зимний период очень мал и варьирует от 1,2 в январе до 2,1 гПа в феврале. Весна же отличается очень быстрым ростом дефицита влажности. Так начиная с апреля месяца, в котором дефицит влажности находится в пределах 18,8 гПа, происходит резкий рост вплоть до июня, где данный показатель достигает своего максимума и соответствует 30,7 гПа. Далее с наступлением осени максимальный дефицит влажности снижается, и уже в октябре

соответствует 11 гПа. Дефицит влажности является одним из показателей возможного испарения.

2.4. Рельеф

Поверхность области равнинная (Ишимская степь Западно-Сибирской низменности) с небольшим уклоном к северу. У южной границы области преобладают высоты от 180 до 200 м., на севере высоты снижаются до 120-130 м.

Характерными элементами рельефа Северо-Казахстанской области являются невысокие (5-10 м) гривы, приозерные понижения, котловины неглубоких озер и широкие ложбины древнего стока (Агроклиматический справочник..., 1958). Для территории области характерно наличие малых форм рельефа (микроформ), небольших блюдцеобразных западин, нередко занятых озерами (Официальный Интернет-ресурс..., 2019). Е.Н. Гладышева (1959) выделяет в Северо-Казахстанской области три морфологических типа рельефа: гривно-котловинная равнина водораздела Убаган-Есиль – на левобережье, плоская равнина водораздела Есиль-Ертыс – на правобережье и разделяющая их долина Есиль.

Северо-западная часть территории занимает гривно-котловинная равнина, которой характерна чередование котловин и параллельно направленных грив или увалов. Гривы, сложенные суглинками, имеют высоты над дном котловины от 2-3 до 8-10 м, длину от 1-1,5 до 8-10 км и ширину от 0,5-0,7 до 1-1,5 км. Правобережье водораздела Есиль-Ертыс представляет собой равнину, со слабо выраженными понижениями. Равнинность рельефа области обусловлена особенностями геологического строения территории и относительным тектоническим спокойствием ее в течение последних эпох горообразования (Агроклиматические ресурсы..., 2017). Вся она покрыта толщей осадочных пород третичного и четвертичного возрастов, данные породы покрывают собою отложения мелового и юрского периодов, которые лежат непосредственно на древнем жестком фундаменте, который имеет ступенчатое строение. Такая особенность геологического строения территории нивелируют неровности в строении

фундамента и создает основу для современного равнинного рельефа (Сваричевская, 1965; Вилесов, 2009).

2.5. Почвы

Почвенный покров Северо-Казахстанской области подчинен строгой широтной природной зональности. Постепенное изменение биоклиматических факторов с севера на юг предопределило формирование на территории двух почвенных зон и трех подзон (Плодородие почв, 2006; Ерохина, 2006; Агроклиматические ресурсы..., 2017):

1. Лесостепная зона серых лесных почв и сопутствующих почв;
2. Степная зона, которая подразделяется на три подзоны:
 - умеренно-увлажненных степей на черноземах обыкновенных и сопутствующих им почвах;
 - умеренно-засушливых степей на черноземах южных и сопутствующих им почвах;
 - сухих степей на темно-каштановых, включая малогумусные (средне-каштановые), и им сопутствующих почвах.

Территория Северо-Казахстанской области представлена рядом зональных почвенных типов, подтипов и родов почв. Основные типы почв в области: серые лесные, черноземы, лугово-черноземные, каштановые. Кроме зональных почв, последовательно сменяющихся с севера на юг, в области широко распространены интразональные почвы: луговые, пойменные, солоды и солонцы. Особенностью интразональных почв на территории области является тот факт, что они не связаны со строгой закономерностью распределения почв и могут находиться в несвойственных им зонах в виде отдельных массивов или пятен (Агроклиматические ресурсы..., 2017).

Территория области характеризуется высокой комплексностью почвенного покрова. В особенности широкое распространение получили солонцеватые черноземы с солодями, которые довольно часто встречаются в комплексе. Распределение типов почв по районам исследования и их характеристика представлены в таблице 2.4.

Таблица 2.4 - Распределение типов почв по районам исследования

Название района	Характеристика распределения почв
Мамлютский	В северной части района преобладают почвы лугово-черноземные в комплексе с солодями и с пятнами черноземов обыкновенных, крупные массивы солонцов. Вся восточная часть района представлена черноземами обыкновенными солонцеватыми в комплексе с солодями, западная - черноземами обыкновенными нормальными, юго-западная - черноземами обыкновенными карбонатными.
Кызылжарский	В структуре почвенного покрова преобладают лугово-черноземные почвы, черноземы обыкновенные, на крайней юго-восточной части района - черноземы обыкновенные солонцеватые, в северной части - серые лесные осолоделые, на крайней северной части - крупные массивы солонцов.

По данным распределения типов почв, в условиях региона исследований преобладают лугово-черноземные почвы, в некоторых случаях встречающиеся в комплексе с солодями и с пятнами черноземов обыкновенных, а также черноземы обыкновенные с различной степенью комплексности.

Почвы Северо-Казахстанской области хотя и представлены обыкновенными черноземами, но в большинстве случаев они исключительно тяжелого механического состава с различной степенью засоления.

По механическому составу на территории Северо-Казахстанской области выделяются следующие разновидности почв: глинистые и тяжелосуглинистые; глинистые и тяжелосуглинистые карбонатные и засоленные; среднесуглинистые и легкосуглинисты; супесчаные; щебнистые (Агроклиматические ресурсы..., 2017).

Поэтому эти почвы имеют малую водопроницаемость, слабую аэрацию и высокую влагоемкость. Весной эти свойства приводят к длительному грязевому состоянию пашни, препятствующему своевременному началу посевной кампании. Летом в засушливую погоду почвы начинают сильно цементироваться, образуя трещиноватость, глыбистость и трудно поддаются обработке. При глубокой пахоте и выворачивании на поверхность глинистого солонцеватого горизонта эти почвы дают сплывание, что требует тщательной предпосевной обработки (Агроклиматический справочник..., 1958).

2.6. Гидрография

Территория Северо-Казахстанской области с юго-запада на северо-восток пересекается долиной р. Ишим. У южной границы области она имеет характер каньона. Ширина долины в районе г. Петропавловска достигает до 20 км, а у северной границы области расширяется до 30 км. В долине реки выделяются три террасы с высотой 10-18, 15-17 и 40-45 м. Хорошо выражена в рельефе вторая аккумулятивная терраса. Пойма Ишима широкая (7-10 км), местами заболочена.

Река Ишим является главной рекой области и левым притоком реки Иртыш. Ишим течет в северо-восточном направлении пересекая многие административные районы. Площадь водосбора (около 147 тыс. км²) расположена в пределах Центрально-Казахстанского мелкосопочника. В пределах области в р. Ишим впадает небольшой приток Нижний Бурлук, берущий начало в Кокчетавской возвышенности.

Ишим – типичная степная река. Главную массу воды она получает от весеннего таяния снега. На территории области много озер. Количество их без учета водоемов с площадью меньше 0,25 км² и стариц р Иртыша достигает 1050, а вместе с последними общее количество увеличивается по меньшей мере в полтора раза. Густота озерной сети неравномерная. В западной части области сосредоточено 76% всех озер, а в восточной только 24%, при этом из них свыше одной трети приурочено к системе озер Камышловского лога. Наиболее крупными

озерами являются Селеты-Тенгиз (777 км²), Теке (265 км²), Шаглытенгиз (240 км²), Киши-Карой (102 км²), Большой Тарангул (44 км²), Менгисер и Становое (40 км²). Глубина озер небольшая (1-3 м). Многие озера зимой промерзают до дна. Уровень озер подвержен резким колебаниям.

Некоторые озера (Менгисер, Семилово, Кишкенесор) соленые. Пресные озера являются основным источником водоснабжения населения и служат для водопоя скота.

Питание озер происходит за счет снеготаяния и запасов грунтовых вод. Озера в большинстве случаев бессточные. Проточные встречаются как исключение, располагаются они цепью по старым речным долинам и многие из них не связаны с речной сетью (Агроклиматический справочник..., 1958).

2.7. Лесорастительные условия

По характеру почв и растительности территория области делится на три части. На севере тянется неширокая лугово-лесная полоса, где леса располагаются более крупными массивами. Южнее лежит типичная берёзовая лесостепь, где леса располагаются островками-колками. На юге области преобладают степные пространства, здесь лишь изредка встречаются небольшие берёзовые колки (Агроклиматический справочник..., 1958; Агроклиматические ресурсы..., 2017).

Березняки по всей территории состоят из берёзы пушистой, берёза бородавчатая встречается лишь по сухим местам – по опушкам и в колках, расположенных на вершинах увалов. Осинники приурочены к сырým, но незаболоченным низинам. Подлесок колков состоит из ив, шиповника, по опушкам обильно произрастает степная вишня. Травяная растительность колков представлена лугово-степными и лугово-лесными видами. Приколковые луговые ассоциации являются очень ценными сенокосными угодьями. Из двудольных здесь обильны лабазник, чина гороховидная, мышиный горошек, их злаков – вейник, полевица белая, мятлики. На участках с избыточным увлажнением развиваются лугово-болотные и болотные ассоциации. Растительность безлесных пространств с

черноземными почвами представляет собой типчаково-ковыльно-разнотравную степь. Основной фон травостоя образуют злаки: типчак, ковыли, овсец, тонконог, мятлик, вейник. В составе разнотравья много бобовых: астрагалы, эспарцет, люцерна (Агроклиматический справочник..., 1958; Агроклиматические ресурсы..., 2017). В западинах преобладают луговые виды. Во влажные годы типчаково-ковыльные степи имеют хороший травостой и выкашиваются, давая до 4-6 центнеров с га.

На солонцах видовой состав разнотравья степей сокращается, здесь увеличивается число полыней, появляется кермек.

Пойма реки Ишим занята злаково-разнотравными лугами с преобладанием ковра безостого. Пятнами встречаются болотные луга и солончаки. Пойменные луга дают до 16, а в благоприятные годы до 20-25 центнеров сена с га (Агроклиматический справочник..., 1958).

2.8. Региональное изменение климата

В настоящее время о глобальном изменении климата в мире говорят многие исследователи этого процесса. В частности, на территории Казахстана изучением климата занимаются сотрудники научно-исследовательского центра РГП «Казгидромет», и начиная с 2010 года осуществляют выпуск ежегодного бюллетеня о состоянии климата Казахстана. Кроме этого, процессы изменения климата являются объектами пристального внимания и серьезного изучения многих климатологов. Свои исследования и опытные работы по изучению климата Казахстана проводят Сальников В.Г., Турулина Г.К., Таланов Е.А., Долгих С.А., Чередниченко А.В., Ахмадиева Ж.К., Гройсман П.Я. и многие др. Территория Северо-Казахстанской области, и всего Казахстана в целом характеризуется резкой континентальностью климата, по этой причине, и в связи с текущими процессами регионального изменения климата, которые влияют на растительные сообщества и еще более усиливают значимость лесной мелиорации, необходима переоценка

агроклиматических ресурсов на основе ГИС-мониторинга и данных многолетних наблюдений за климатом.

В качестве основных показателей регионального климата использовались данные среднегодовой температуры воздуха и годовому количеству осадков по метеостанции (Петропавловск), а также данные голландского ресурса с архивом метеоданных (web-портал KNMI Climate Explorer, <http://www.pogodaiklimat.ru>). Построенные временные ряды с 1933 по 2018 год приведены на рисунках 2.9-2.10.

Резкие колебания температуры воздуха, как и других элементов климата, являются типичными для территории области. По данным А.С. Утешева (Климат Казахстана, 1959), в отдельные дни летних месяцев в области абсолютные максимальные температуры воздуха могут достигать 40°C. Данные годового хода максимальных температур за период наблюдений и средних многолетних максимальных температур по районам исследований приведены на рисунке 2.8.

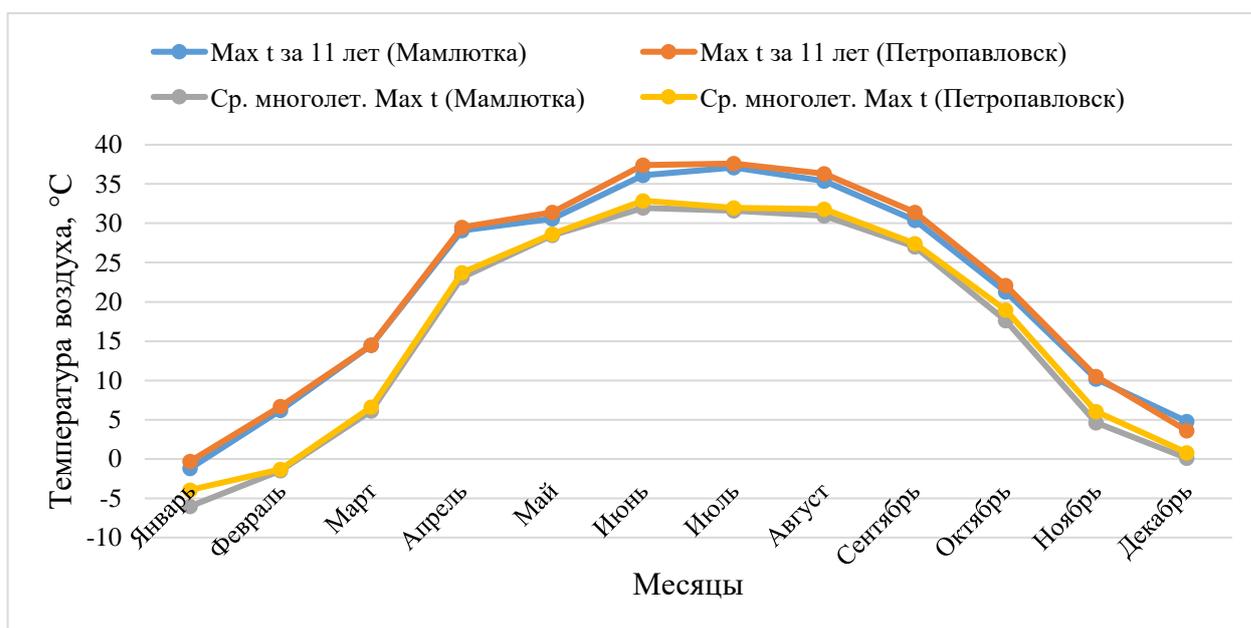


Рисунок 2.8 – Максимальные температуры за период наблюдений и средние многолетние максимальные температуры по районам исследований

В годовом ходе среднемноголетние данные по максимальной температуре воздуха закономерно возрастают к лету и уменьшаются к зиме. Такая же тенденция отмечается и в ходе максимальных температур в отдельные дни месяцев.

Максимальная средне многолетняя температура приходится на летние месяцы, пик её наблюдается в июне, и варьирует от 32 до 32,9°C. Максимальная же температура отдельных дней месяцев за период наблюдений зафиксирована в июле и соответствует 37,1 и 37,6°C по Мамлютке и Петропавловску соответственно. В целом, по районам исследования максимальные температуры воздуха практически не отличается.

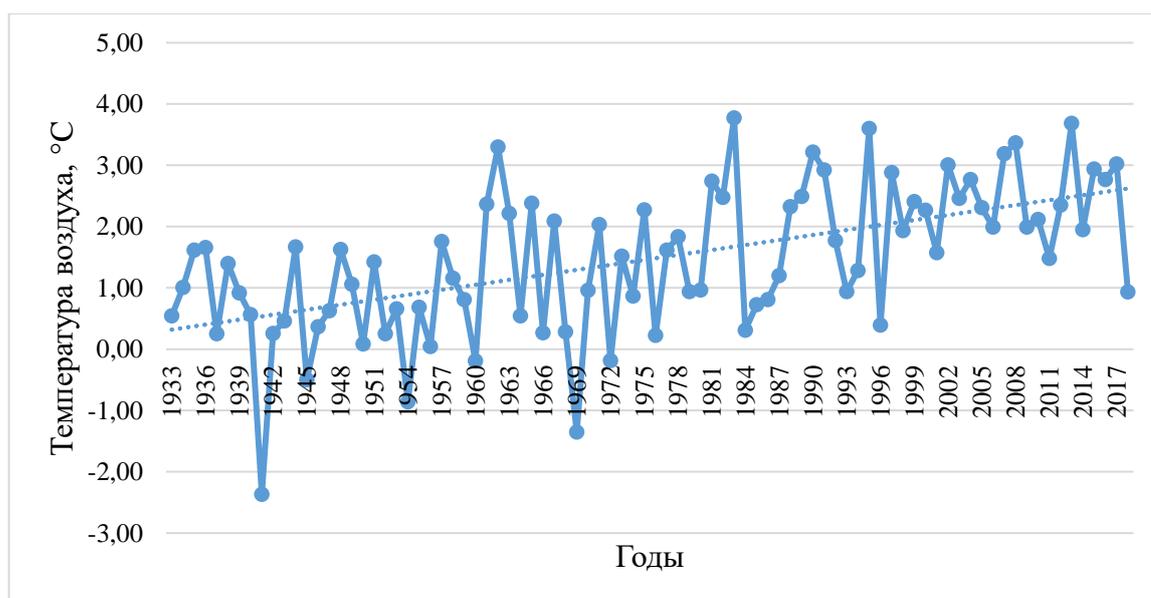


Рисунок 2.9. - Динамика изменения среднегодовых температур воздуха (Петропавловск)

По данным проведенных наблюдений за изменениями среднегодовой температуры воздуха (рисунок 2.9) за период с 1933 по 2018 год наблюдается повышение среднегодовой, а также проявления экстремальной температуры воздуха в районе исследований. В период с 1933 anomalно холодные года, в которых сумма среднегодовых месячных температур была ниже 0°C проявлялись в 1941, 1945, 1954, 1960, 1969, причем наиболее холодными, в годовом ходе средних температур были 1941 и 1969 год, средняя температура была -2,37 и -1,35°C соответственно. Anomalно теплые года, в которых сумма среднегодовых месячных температур была выше 3°C наблюдались в 1962, 1983, 1990, 1995, 2002, 2007, 2008, 2013, 2017, причем наиболее теплыми, в годовом ходе средних

температур были 1983 и 2013 год, средняя температура была 3,78 и 3,68°C соответственно.

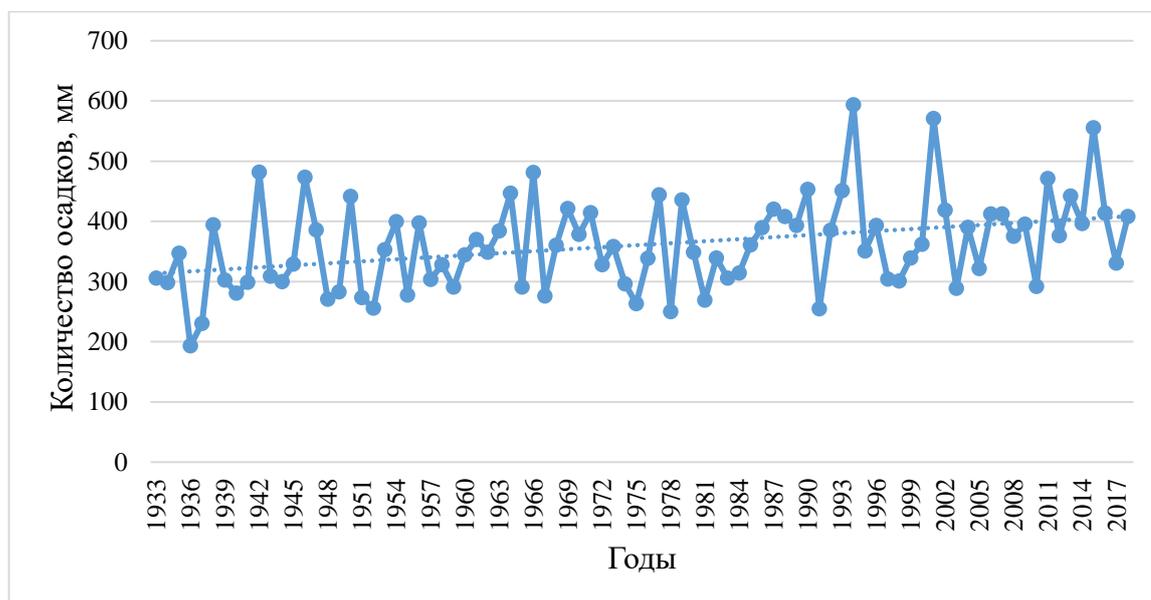


Рисунок 2.10. - Динамика изменения годового количества осадков (Петропавловск)

Пространственно-временное изменение количества осадков, по данным рисунка 2.10, за исследуемый период по Петропавловску представляет собой неоднородную картину. По некоторым годам наблюдается значительное увеличение количества осадков, а в некоторых их уменьшение. Так, менее 260 мм в год выпадало осадков в 1936-1937, 1952, 1978, причем наименьшее их количество было зафиксировано в 1936 году (193,4 мм). Стоит выделить периоды, в которых сумма годовых осадков составляла более 450 мм, к ним относятся 1942, 1946, 1966, 1994 и 2015 год. Наибольшее количество осадков выпадало в 1994 (593,8 мм) и 2015 (555,7 мм) годах. В целом же, можно сделать вывод, что в конкретном регионе происходит постепенное, хотя и незначительное, увеличение годовых сумм осадков (Ежегодный бюллетень..., 2017, Сальников, 2018).

Выводы

1. В соответствии со схемой лесомелиоративного районирования район проведения исследований относится к Северо-Казахстанскому и Зауральско-Ишимскому волнисто-равнинному лесомелиоративным районам.

2. Территория области и районов исследования отличается сильными скоростями ветра, особенно выделяется весенний период, где средняя месячная скорость ветра может достигать 5-6,5 м/с и более. Преобладающими являются ветры западных (З) и юго-западных (ЮЗ) румбов.

3. В основу агроклиматического районирования области положена степень увлажнения или гидротермический коэффициент. Район исследования характеризуется неравномерным выпадением атмосферных осадков, значительной вариацией амплитуд месячных температур, дефицитом влажности воздуха в весенне-осенний период. Все это носит ярко выраженный континентальный характер климата и в целом природные условия являются жесткими для выращивания древесных растений.

4. Представленные данные по природно-климатическим условиям свидетельствуют о высокой степени континентальности климата, существенной природной нагрузке, оказываемой на ведение сельского хозяйства региона. В этой связи существует необходимость минимизировать данные климатические факторы при помощи лесной мелиорации и защитного лесоразведения.

5. Специфика природных условий, интразональность почв, а также показатели регионального изменения климата района исследований вызывает необходимость разработки рекомендаций по защитному лесоразведению с учетом данных особенностей.

6. Приведенные данные по природно-климатическим условиям и региональному изменению климата представляют практический и научный интерес, а также могут использоваться при решении различных задач в области лесной мелиорации и защитного лесоразведения.

ГЛАВА 3. ПРОГРАММА, МЕТОДИКА И ОБЪЕМ ВЫПОЛНЕННЫХ РАБОТ

3.1. Программа исследований

В соответствии с целью и задачами исследований, принята следующая программа работ:

1. Анализ научной литературы, архивных данных, картографических материалов, а также других литературных источников, посвященных вопросам лесной мелиорации и защитного лесоразведения;

2. Натурное и маршрутное обследование придорожных защитных лесных полос района исследований с целью подбора участков для закладки пробных площадей;

3. Выбор и обоснование методик исследований мелиоративных и таксационных характеристик защитных полос;

4. Изучение природно-климатических условий района исследований;

5. Закладка пробных площадей с определением мелиоративных и таксационных характеристик насаждений и конструктивных особенностей придорожных полос;

6. Оценка дифференциации деревьев и санитарного состояния древостоев в исследуемых защитных полосах;

7. Исследование защитно-мелиоративных функций придорожных лесных полос;

8. Определение фитомассы деревьев и древостоев с использованием данных модельных деревьев, отобранных по ступеням толщины;

9. Исследование связей радиального прироста с климатическими факторами на основе древесно-кольцевых хронологий.

3.2. Объекты и методика исследований

Объектом исследований явились придорожные защитные лесные полосы (далее - ПрЗЛП) различных конструкций и разного возраста на территории Северо-Казахстанской и Костанайской областей, расположенные вдоль автодорог М-51 «Челябинск-Новосибирск», А-21 «Мамлютка-Костанай» и А-12 «Петропавловск-Соколовка-граница РФ».

Все защитные полосы, в которых были заложены временные пробные площади (далее - ПП) являются искусственно созданными, т.е. – лесными культурами разных возрастов, произрастающие на черноземах обыкновенных.

В настоящее время данные придорожные полосы представлены как чистыми по составу древостоями, так и древесно-кустарниковым типом смешения (в опушечных рядах) и состоят из следующих древесных пород: тополя бальзамического (*Populus balsamifera* L.) – (Тбз), берёзы повислой (*Betula pendula* Roth) – (Бпв), сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) – Соб, вяза обыкновенного (крупнолистного), (*Ulmus laevis* Pall.) – (Воб) и клёна ясенелистного (*Acer negundo* L.) – (Кяс).

В основу исследований положены эколого-ценотические принципы лесной науки. Они базируются на методе пробных площадей (ОСТ 56-69-83) и широком применении математико-статистического анализа (Вадзинский, 2008).

Пробные площади были заложены в наиболее типичном для описываемого насаждения месте, отвечающем предъявленным требованиям и задачам исследований. Главное условие при закладке пробных площадей: защитная полоса в пределах ПП должна иметь одинаковые характеристики (состав, шаг посадки, расстояния между рядами, ширину полосы).

В ходе полевых работ на каждой временной пробной площади вначале устанавливались количество рядов, расстояния между ними и шаг посадки (с точностью до 0,1 м.). Конструкция полос в облиственном состоянии определялась с учетом требований ГОСТ 26462–85 и данных таблицы Е.С. Павловского (Основы агролесомелиорации..., 2007). Затем был проведен сплошной пересчет деревьев по

ступеням толщины с помощью мерной вилки на высоте 1,3 метра (с точностью 1 см). Причем в многорядных полосах с сохранившимися рядами эта процедура осуществлялась дифференцированно по рядам посадки. На пробных площадях, на которых посадочные ряды не просматривались, выполнялся общий пересчет деревьев по всему древостою.

Для нахождения средней высоты древостоя на ПП, с помощью высотомера Suunto PM-5 измерялись высоты нескольких модельных деревьев (с точностью до 0,1 м) из каждой ступени толщины, а также диаметр на высоте 1,3 м, с точностью до 1 см (Нагимов и др., 2010). По полученным таксационным данным строился график кривой высот, по которому была определена средняя высота древостоя.

Возраст древостоя защитных полос определялся по кернам, взятым при помощи возрастного бурава «Naglof», а в некоторых случаях (на ПП из твердолиственных пород) по спилам.

На пробных площадях, значительное количество модельных деревьев (15-25 шт.) таксировалось без рубки. У них определялись диаметр, высота, протяженность бессучковой части, размеры кроны. У растущих модельных деревьев высота дерева, длина кроны, протяженность бессучковой зоны ствола измерялись высотомером с точностью до 0,1 м. Поперечники кроны измерялись в двух направлениях (в ряду, м/у рядами) рейкой с точностью до 5 см (с выводом среднего значения).

Объем кроны для деревьев сосны находился по формуле (Шевелёв, 2016):

$$V_k = \pi D_k^2 \left(\frac{L_k}{12} \right) \quad (3.1)$$

где V_k – объем кроны, м³;

D_k – диаметр кроны, м;

L_k – длина кроны, м.

Для лиственных пород более точно объем кроны определяется по формуле квадратического параболоида:

$$V_k = \pi D_k^2 \left(\frac{L_k}{8} \right) \quad (3.2)$$

Данные о местонахождении ПП были зафиксированы при помощи GPS-навигатора.

На каждой ПП после перечета, а на некоторых ПП и в разные сезоны года, были сделаны фотографии продольного профиля полосы, для дальнейшего определения конструкции и таксационно-мелиоративных характеристик.

Карта-схема расположения пробных площадей представлена на рисунке 3.1.

Оценка санитарного состояния. Состояние деревьев оценивалось по шкале из действующих (Правила санитарной безопасности..., 2017) с учетом ранее действовавших Правил санитарной безопасности в лесах РФ (2013) и в соответствии с общепринятыми апробированными методиками (Бунькова и др., 2011; Данчева, Залесов, 2015). Учитывался комплекс внешних признаков (густота кроны, цвет листвы (хвои), доля усохших ветвей, наличие плодовых тел грибов и стволовых вредителей).

В ходе полевых работ по указанным признакам выделены одиннадцать категорий деревьев: I – здоровые (без признаков ослабления); II – ослабленные; III – сильно ослабленные; IV – усыхающие; V – свежий сухостой; VI – старый сухостой; VII – свежий ветровал; VIII – свежий бурелом; IX – старый ветровал; X – старый бурелом; XI – аварийные деревья (приложение 1).

Степень ослабления всего древостоя на пробной площади определялась как средневзвешенная величина оценок распределения количества деревьев по разным категориям состояния. Древостои с значением средневзвешенной величины от 1,0 до 1,5 относились к здоровым, от 1,6 до 2,5 – ослабленным, от 2,6 до 3,5 – сильно ослабленным, от 3,6 до 4,5 – усыхающим и от 4,6 и выше – погибшим (Карпенко, 1981; Руководство по планированию..., 2007). Причем расчет средней категории состояния деревьев на пробных площадях производился двумя способами:

а) по общепринятой методике, путем приравнивания ветровальных, буреломных и снеголомных деревьев к свежему или старому сухостою (Руководство по планированию..., 2007);

б) по соотношению количества деревьев всех одиннадцати категорий состояния (Правила санитарной безопасности..., 2013).

Второй способ расчета, на наш взгляд, позволяет оценить степень влияния климатических условий (ветровальные и буреломные деревьев) на санитарное состояние древостоев и более объективно обосновать вид санитарно-оздоровительных мероприятий.

Дополнительно на всех пробных площадях определялось жизненное состояние древостоя по формуле, предложенной В. А. Алексеевым (Лесные экосистемы..., 1990):

$$L_n = \frac{100n_1 + 70n_2 + 40n_3 + 5n_4}{N} \quad (3.3)$$

где, L_n – относительное жизненное состояние древостоя, рассчитанное по числу деревьев;

n_1, n_2, n_3, n_4 – число здоровых, ослабленных, сильно ослабленных и отмирающих деревьев, соответственно;

N – общее число деревьев (включая сухостой) на ПП;

100, 70, 40, и 5 – коэффициенты, выражающие жизненное состояние здоровых, ослабленных, сильно ослабленных и отмирающих деревьев, %.

При значении показателя L_n от 100 до 80% по жизненному состоянию древостой оценивается как «здоровый», при 79-50% он считается ослабленным, при 49–20% - сильно ослабленным, при 19% и менее - полностью разрушенным (Лесные экосистемы..., 1990).

Оценка фитотоксичности почв. В ходе полевых работ на 15 ПП (расположенных на территории Северо-Казахстанской области) были проведены отборы проб почвы в следующих пунктах: 1* - перед полосой (на удалении 5-8 м); 2* - в полосе (отбор проб производился в центре, независимо от количества рядов и конструкции полосы); 3* - за полосой (на удалении 5-8 м). Во всех случаях отбор почв осуществлялся по методу «конверта» (в натуре разбивался квадрат со сторонами 5x5 м, в каждом углу квадрата и в центре отбирался образец почвы из верхнего горизонта на глубину 10-25 см, далее образцы перемешивались (усреднялись) и отбиралась средняя навеска).

По общепринятой методике отобранные образцы высушивали до воздушно-сухого состояния, измельчали до частиц размером 3-5 мм в диаметре. Затем из образцов удаляли всю органическую часть (скелетную часть корней, дерн, лиственной опад, хвою) и инородные включения в виде камней и прочего мусора. Также были удалены живые организмы в виде кольчатых червей и мелких насекомых. После этого образцы растирали в ступке пестиком и просеивали через почвенное сито с диаметром отверстий 1 мм (Аринушкина, 1970; Пименова, 2009, Луганская, Луганский, 2011).

Определение фитотоксичности почвы проводили 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. Изменение численности клеток определяется посредством измерения оптической плотности суспензии водоросли при длине волны 670 нм.

По данной методике расчет показателя токсичности КТ проводится по формуле:

$$КТ = \frac{(A_K - A_T)}{A_K} \quad (3.4)$$

где A_K и A_T – величины оптической плотности контрольного и тестируемого образца, соответственно, после 24 часов биотестирования.

Критерием токсичности тестируемого образца является снижение на 20% и более (подавление роста) или увеличение на 30% и более (стимуляция роста) величины оптической плотности культуры водоросли, выращиваемой в течении 24 часов на тестируемой воде по сравнению с её ростом на контрольной среде, приготовленной на дистиллированной воде.

Стимуляция ростовых процессов, по-видимому, может являться следствием активации неспецифических защитных реакций клеток в ответ на присутствие токсикантов в растворе. В этом проявляется фазность реакции водорослей на действие токсических веществ, когда при их низких концентрациях наблюдается стимулирование физиологических процессов, а при высоких - угнетение (Никаноров и др., 2000, Шавнин и др., 2013).

Водные вытяжки из почвы готовили согласно рекомендациям (Токсикологические методы контроля..., 2002) в соотношении 1 часть почвы и 4 части дистиллированной воды. Далее почвенную суспензию встряхивали в течение 2 часов, отстаивали и фильтровали.

Биотестирование проводили на фитотестере - 03 (разработка КрасГУ) в течение 24 часов при температуре 34-36°C, интенсивности света 80 Вт/м² и скорости вращения кассеты с тестируемыми образцами 30 об./мин.

Степень токсичности образца (воды или водной вытяжки из почвы) устанавливается на основе токсикологических характеристик через величину биологически безопасного разбавления, согласно таблице 3.1.

Для этого из результатов биотестирования разведений пробы воды, кратных трем, выбирают то разбавление, для которого рассчитанный коэффициент токсичности превысил значение 0,2 (подавление роста) или 0,3 (стимуляция роста).

Таблица 3.1. - Токсикологические характеристики качества испытуемой воды (водной вытяжки)

Величина разбавления тестируемой воды, при которой превышен коэффициент токсичности	Степень токсичности
1 (без разбавления)	слаботоксичная
3	среднетоксичная
9	токсичная
27	сильнотоксичная
81	гипертоксичная

При тестировании водных вытяжек из почвы как правило может присутствовать явление агрегации клеток хлореллы, которая фиксируется визуально по появлению в суспензии комочков зеленого цвета, реже бесцветных. При этом с увеличением количества действующих токсикантов агрегированные частицы укрупняются, нарушается равномерность их распределения по объему и может произойти их оседание на дно и обесцвечивание. Учет появления агрегации проводят как оказание токсического действия на хлореллу (Шавнин и др., 2013).

Исследования надземной фитомассы. После перече́та (на ПП 1, 9, 10 и 12), в соответствии с рядом распределения деревьев по диаметру формировалась систематическая выборка модельных деревьев. Они 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 13 ряда и для центрального 7 ряда (нумерация рядов осуществлялась от дороги к полю). В придорожных полосах, в которых посадочные ряды не просматривались ограничили́сь одной выборкой модельных деревьев в объеме 10 шт.

У модельных деревьев кроме традиционных таксационных показателей определялась надземная фитомасса по фракциям: древесина и кора ствола, древесина и кора ветвей, листва и отмершие ветви. В основу этой работы положены методические рекомендации В.А. Усольцева и З.Я. Нагимова (Усольцев, Нагимов, 1988; Усольцев, Залесов, 2005). Масса стволов, крон, отмерших ветвей определялась непосредственным взвешиванием, а масса листьев – по навескам ветвей. Установление соотношений древесины и коры в стволе и ветвях, а также перевод массы фракций из свежесрубленного состояния в абсолютно-сухое производились по пробным образцам.

Таксационные показатели модельных деревьев и древостоев определялись в соответствии с общепринятыми в лесотаксационной практике методами. Вычисление запаса древесины (m^3) на пробных площадях производилось суммированием запасов всех ступеней толщины. Запас отдельной ступени толщины определялся на основе отношения суммы площадей сечений её деревьев и модельных деревьев, взятых из данной ступени по формуле:

$$M = \sum V_{M.д.} \cdot \frac{\sum G_{ст}}{\sum G_{M.д.}} \quad (3.5)$$

где, M – запас ступени толщины, m^3 ; $\sum V_{M.д.}$ - сумма объемов модельных деревьев ступени толщины, m^3 ; $\sum G_{ст}$ - сумма площадей сечений всех деревьев ступени толщины, m^2 ; $\sum G_{M.д.}$ - сумма площадей сечений модельных деревьев ступени толщины, m^2 ;

Такой же подход применялся при определении запасов различных фракций надземной фитомассы:

$$P_i = \sum P_{M.д.} \frac{\sum G_{ст.}}{\sum G_{M.д.}} \quad (3.6)$$

где, P_i – запас соответствующей фракции надземной фитомассы ступени толщины, кг; $\sum P_{M.д.}$ - общая фитомасса фракции модельных деревьев ступени толщины, кг.

При определении запасов надземной фитомассы ПрЗЛП на 1 га их ширина определялась по формуле:

$$B = S(n-1) + 2z \quad (3.7)$$

где, B – ширина лесной полосы, м; S – ширина междурядий, м; n – количество рядов; z – ширина закраек, м.

Ширина закраек принято равной 2 м, так как изучаемые ПрЗЛП и заложенные в них ПП расположены на черноземных почвах (Рекомендации по технологии..., 1992).

Для определения плотности надземной фитомассы лесных полос и количества аккумулированной в ней солнечной энергии, от которых в значительной степени зависит степень мелиоративного воздействия полос на прилегающие агроландшафты (Танюкевич, 2013), был рассчитан объём надземной части ПП по формуле:

$$W = B * L * H \quad (3.8)$$

где, W – объём пробной площади, м³; B – ширина лесной полосы (пробной площади), м; L – длина пробной площади, м; H – средняя высота древостоя, м.

Плотность надземной фитомассы ПрЗЛП рассчитывалась по формуле:

$$R = P/W \quad (3.9)$$

где, R – плотность надземной фитомассы ПрЗЛП, кг/м³; P – общая надземная фитомасса на ПП, кг; W – объем ПП, м³.

При оценке объема аккумулированной в надземной фитомассе ПрЗЛП солнечной энергии исходили из потребности количества солнечной энергии для образования 1 кг сухого вещества, которая по данным С.И. Лебедева составляет 16,6 МДж (Лебедев, 1988).

Исследования мелиоративных функций. В ходе полевых работ на 15 ПП (расположенных на территории Северо-Казахстанской области) был заложен профиль, проходивший перпендикулярно по отношению к защитной полосе по обе её стороны. На данном профиле при помощи мерной ленты определялись пункты для последующих замеров скорости ветра. Пункты соответствовали расстояниям, кратным мелиоративной высоте (H) исследуемой полосы – 1Н, 2Н, 3Н ... 10Н. Согласно ГОСТ 26462-85 под мелиоративной (защитной) высотой понимается «высота лесной полосы, определяемая по средней высоте верхнего яруса крон лесного насаждения». На всех исследуемых пробных площадях замеры по профилю проводились с выходом на дорожное полотно, а в некоторых случаях и с пересечением автодороги. В зависимости от направления ветра в конкретный период наблюдений, заветренная и наветренная стороны менялись, но пункты замеров скорости ветра всегда оставались неизменными (за исключением зимнего периода на ПП 10). Для изучения закономерностей изменения скорости ветрового потока в зависимости от его направления дополнительно определялся угол подхода ветрового потока к исследуемым полосам.

Замеры скорости ветра в пунктах (V_i), кратных мелиоративным высотам, и на контроле (V_k), расположенном в открытом поле, проводились синхронно с помощью портативных анемометров АТТ-1002 (диапазон скоростей воздушного потока 0,8–30 м/с; погрешность $\pm 0,04V + 0,2$). Высота замеров на каждом пункте

равнялась 0,5–1 м от поверхности земли (снежного покрова в зимний период). Измерение параметров ветра осуществлялось по апробированной методике (Адрианов, 1970; Танюкевич, 2013), с учетом методических рекомендаций при выполнении измерений ручными анемометрами (Морозов, 2006).

По полученным данным были построены графики изменения скоростей ветрового потока. Графические данные в дальнейшем выравнивались аналитически. Выбор наилучшего уравнения производился с учетом статистических показателей, в частности, коэффициента детерминации (R^2) (Исаев, 1988). В результате табулирования уравнений были получены данные, по которым построены графики и получены табличные материалы, иллюстрирующие различие скоростей ветра на открытом поле (V_k) и i -м пункте наблюдений (V_i). Графики изменения скорости ветрового потока (V_i) были построены в % от его скорости в открытом поле (V_k). Известно, что ветрозащитная функция лесной полосы соблюдается в том случае, если эффективное снижение скорости ветра в зоне «ветровой тени» составляет более 10%. Согласно ГОСТ 26462–85 под «ветровой тенью» понимается «расстояние от лесного насаждения с наветренной и заветренной сторон, в пределах которого наблюдается снижение скорости ветра».

На основе сравнения скорости ветра на контрольном участке и в зоне влияния лесных полос определялась степень влияния последних на ветровой режим территории. Достоверность различий скоростей ветрового потока оценивалась при помощи t -критерия Стьюдента на 5%-ном уровне значимости (Вадзинский, 2008; Статистические методы..., 2013).

Для изучения влияния фитомассы придорожных полос и количества аккумулированной в ней солнечной энергии на изменение кинетической энергии ветра в зоне мелиоративного влияния полос, значения (сглаженные) скорости ветрового потока переводились в кинетическую энергию ветра по методике В.В. Танюкевича (2013) по формуле (3.10):

$$E = 0,5 * 1,225 * V^3, \quad (3.10)$$

где E – кинетическая энергия ветра, Дж/м² поперечного сечения потока; V^3 – средняя скорость ветра, м/с.

Следует отметить, что плотность воздуха (или коэффициент 1,225) в формуле (3.10) соответствует стандартным атмосферным условиям (барометрическое давление 760 мм рт. ст., $t = +15^{\circ}\text{C}$). В иных случаях, данный показатель будет меняться в зависимости от региона исследований и конкретных условий среды (высота, давление, температура и влажность).

Коэффициент кинетической энергии ветрового потока (K_e) рассчитывался по формуле В.В. Танюкевича и В.М. Ивонина (2014) (3.11) – авторы отмечают – «чем больше значение K_e , тем меньше снижение кинетической энергии ветрового потока в зоне мелиоративного влияния лесных полос»:

$$K_e = \frac{E_i}{E_k} \quad (3.11)$$

где - K_e – коэффициент кинетической энергии ветрового потока; E_i и E_k – соответственно, кинетическая энергия ветра в i -ой точке наблюдений (мелиоративной высоте, H) и контрольной точке (открытое поле), Дж/м² поперечного сечения потока. Пороговое значение данного коэффициента равно единице ($K_e = 1,0$), это означает что скорость ветрового потока под влиянием полосы и на контроле идентичны.

В одну из задач исследований входило определение снегозадерживающей эффективности лесных полос. Снегомерная съемка проводилась в начале января и в начале марта (в момент наибольшего накопления снега за зимний период) 2017 года в полосах отвода автомобильных дорог и в самих лесных полосах. Измерение высоты снежного покрова (L_i , см) проводилось с помощью переносной снегомерной рейки с точностью до 1 см по тем же профилям, что и при замерах скорости ветра, через каждые 5 метров, начиная от бровки кювета автомобильной дороги, в самих полосах и до удаления 50-200 м от наветренной (заветренной стороны) исследуемых полос в сторону открытого поля. В самих полосах (где просматривались ряды) замеры проводились в каждом ряду посадки, где ряды не просматривались, замер проводился в центре полосы.

Для определения плотности снега и запаса снеговой воды в нём, на тех же профилях, что и при замерах скорости ветра, через каждые 5 метров, выкапывался шурф на глубину снежного покрова, на точках, расположенных на удалении от 5 до 40 м от полосы в сторону автодороги, и от 5 до 30 м от полосы в сторону открытого поля (агроландшафта). Взятие проб снега проводилось при помощи походного весового снегомера. Взятая проба взвешивалась и на основании полученных результатов была рассчитана плотность снежного покрова по формуле:

$$D = \frac{m}{v \cdot h} \quad (3.12)$$

где, D - плотность пробы снега, г/см³; m - вес пробы, в граммах; v - приёмная площадь цилиндра, (50,24) см²; h - высота пробы снега, см. Для перевода плотности в кг/м³ использовали коэффициент (умножали полученное значение на 1000). Плотность снега вычислялась с точностью до 0,001 г/см³ с дальнейшим округлением до 0,01 г/см³.

Запас воды в снежном покрове определялся по формуле:

$$Q = \frac{d}{v \cdot 10} \quad (3.13)$$

где, Q – запас воды в слое снега, мм; d - плотность пробы снега, г/см³, v - приёмная площадь цилиндра (50,24 см²); 10 - коэффициент для перевода высоты слоя воды в миллиметры. Запас воды вычислялся с точностью до 0,01 мм.

Исследования радиального прироста. Исследование радиального прироста проводилось в 13-рядных придорожных защитных лесных полосах, состоящих из берёзы повислой (*Betula pendula* Roth), произрастающих в лесостепной (Северо-Казахстанская – ПП 12) и степной зонах (Костанайская область – ПП 20). Обе защитные полосы были практически одинаково сориентированы относительно сторон света (ПП 20 – азимут 71° градус, ПП12 – азимут 90° градусов). Они

представлены на рисунках 3.2. - 3.3. ПП вполне корректно позволяют оценить проявление неравномерности радиального прироста деревьев в рядах северной и южной опушек, а также в центральных рядах посадки.



Рисунок 3.2. – Расположение 13-рядной придорожной полосы из берёзы повислой (ПП 20; азимут - 71°; координаты - N53°50'42,7105" E64°26'59,9429")

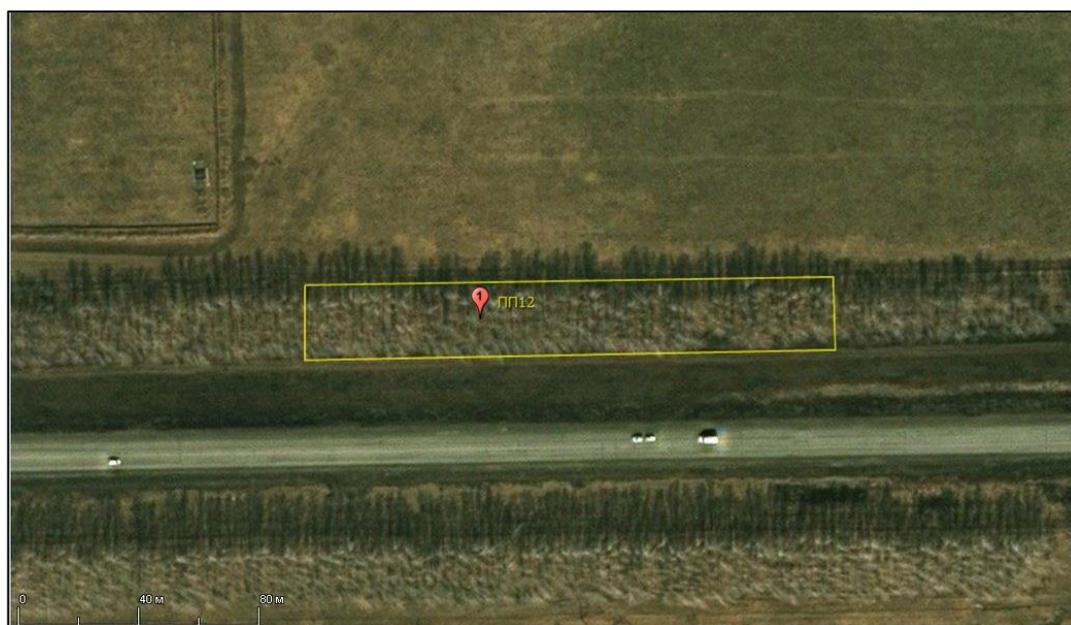


Рисунок 3.3. – Расположение 13-рядной придорожной полосы из берёзы повислой (ПП 12; азимут - 90°; координаты - N54°55'10,5231" E68°39'30,5897")

Данные объекты исследования удалены друг от друга на 298,4 км (по точкам прямой линии), рисунок 3.4.

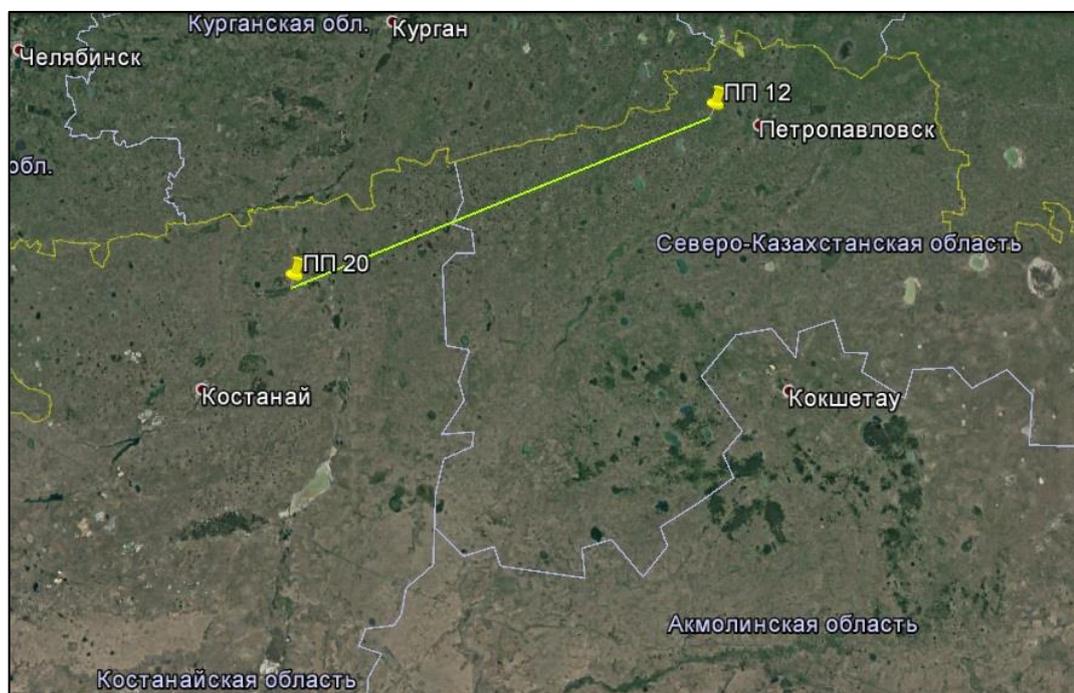


Рисунок 3.4. – Карта-схема удаленности объектов исследования в долготно-меридиональном направлении

Отбор кернов на ПП осуществлялся из крайних (1 и 13) и центрального (7) ряда посадки с помощью специального бурава «Haglof» из ранее выбранных модельных деревьев на высоте 1,0-1,3 м от поверхности земли, по следующему принципу: с северной опушки лесной полосы керн отбирался по радиусу от периферии ствола с прохождением бурава через сердцевину по направлению С-Ю; с южной опушки по такому же принципу, но в направлении Ю-С; в центральном ряду керн отбирался сквозным (через весь диаметр дерева). Таким образом на каждой ПП было отобрано по 45 кернов (по 15 с крайних рядов и 15 с центрального ряда). Схема отбора кернов представлена на рисунке 3.5.

Минимальный размер выборки кернов, который может быть пригоден для проведения дендроклиматических исследований, должен быть больше чем 10 деревьев с исследуемого участка (Fritts, 1976; Шиятов, 2000).

Отобранные образцы кернов были упакованы в заранее подготовленные бумажные футляры, на которые карандашом наносилась специальная маркировка (Шиятов и др., 2000), в которой указывались: № ПП, № ряда, номер образца, направление относительно сторон света, дата сбора, код образца, отражающий название вида. Также указывалось название ближайшего населенного пункта и особые пометки.

Проведение дендрохронологического анализа (подготовительно-измерительные работы и датировка) отобранных образцов кернов проводилось под руководством специалистов лаборатории дендрохронологии института экологии растений и животных УрО РАН с использованием широко апробированной методики (Дендроклиматические исследования..., 1996; Тишин, 2015).

Важным условием при подготовке и наклеивании образцов является то, чтобы трахеиды древесины были расположены перпендикулярно поверхности, на которую наклеивается керн. Наклеенные на деревянные подложки керны смачивались водой, это необходимо для размягчения древесины. Далее поверхность уже достаточно размоченных кернов подрезалась при помощи бритвенных (одноразовых) лезвий. После зачистки и подрезки образцы высушивались, и далее в зачищенную и подготовленную поверхность втирался зубной порошок. Данная процедура была необходима для повышения контрастности рисунка годовичных колец (Фильрозе, Гладушко, 1986).

Измерения параметров годовичных колец (ширины) проводилось на измерительном комплексе LINTAB-6.0 с точностью до 0,01 мм. Затем полученные данные по ШГК подвергались перекрестной датировке при помощи специализированного пакета TSAP-Win (TimeSeries&AnalysisPresentation), сформированные файлы с древесно-кольцевыми хронологиями сохранялись в формате «.rwl» (Rinn, 1996). После измерений ширины годовичных колец, была проведена перекрёстная датировка образцов посредством сравнения кривых прироста.

Для оценки правильности датировки посредством кросскорреляционного анализа использовалась программа COFESHA (Lough, 1994) из пакета программ

DPL (Holmes, 1992). Все полученные ряды были сопоставлены программой и выявлены проблемные участки. Стандартизация рядов была проведена при помощи программы ARSTAN (AutoRegressiveStandartization) из пакета DPL99 (Holmes, 1992; Cook, 1997).

Из полученных индивидуальных хронологий были построены обобщенные ДКХ по каждой опушке исследуемых полос (северной, южной), а также северной и южной стороне центральных рядов.

Для характеристики влияния климата на радиальный прирост берёзовых древостоев придорожных полос была проведена процедура с получением отклика ДКХ на изменение количества осадков и температуры воздуха в течении года (*с сентября предшествующего по август текущего года). Для этого использовали программу DendroClim 2002 (Biondi F., 2004), в которой в результате бутстрап анализа (bootstrap analysis) можно оценить связи радиального прироста со среднемесячными показателями осадков и температуры в рядах посадки придорожных полос. Для этого использовались климатические данные с метеостанций «Костанай» и «Петропавловск», которые расположены в непосредственной близости от объектов исследования. Были использованы также климатические показатели с web-портала KNMI Climate Explorer (<http://climexp.knmi.nl/>) с указанием координат (широты и долготы) с 1933 по 2018 год (2018 - год отбора кернов).

Для характеристики качества полученных хронологий применялись следующие статистические характеристики: стандартное отклонение ширины годичного кольца, межсерийный коэффициент корреляции, коэффициент чувствительности (Methods of ..., 1990).

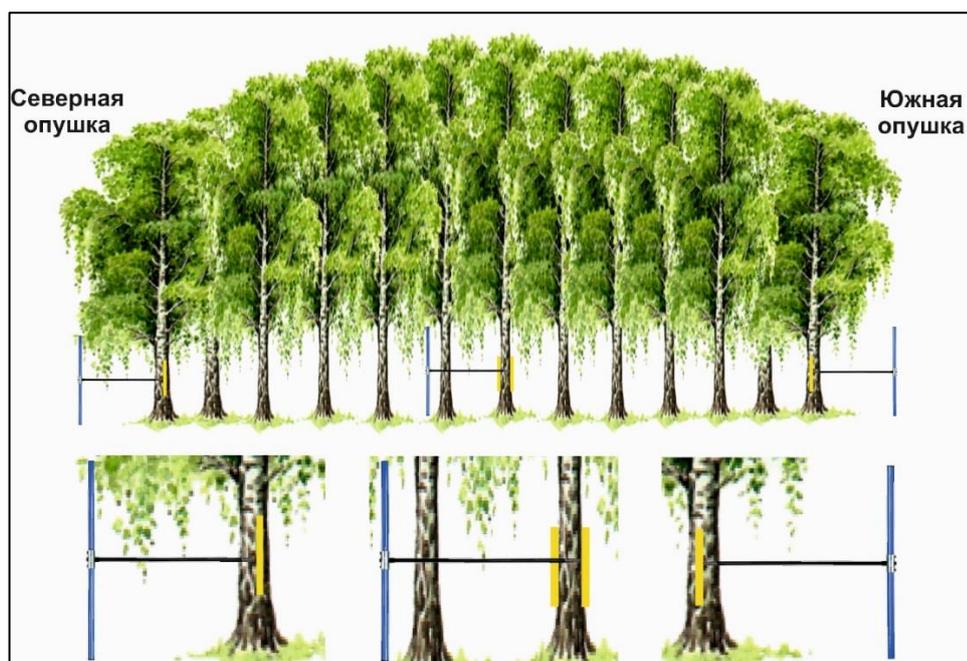


Рисунок 3.5. – План-схема отбора кернов

Для удобства интерпретации полученных результатов всем обобщенным древесно-кольцевым хронологиям были присвоены буквенные обозначения, по следующему принципу: хронология по северной опушке лесной полосы была обозначена «КС» (по Костаная) и «ПС» (по Петропавловску); хронология по южной опушке – «КЮ» (по Костаная) и «ПЮ» (по Петропавловску); для центрального ряда было построено несколько хронологий, одна для северной стороны центрального ряда – «КЦс» (по Костаная) и «ПЦс» (по Петропавловску) и одна для южной стороны центрального ряда – «КЦю» и «ПЦю», соответственно.

При математико–статистической обработке экспериментальных материалов, описании зависимостей между исследуемыми показателями использовались средства Microsoft Office Excel 2013 и программного пакета Statistica 10. Для получения космоснимков и наложения на них координат использовался бесплатный программный продукт SAS.Планета.

3.3. Объем выполненных работ

Исследования проводились в течение 6 лет, с 2014 по 2020 год. В процессе выполнения программы исследований были заложены 24 временные пробные

площади (ПП) в придорожных защитных лесных полосах, произрастающих на территории Северо-Казахстанской (Жамбылский район – 2 ПП; Мамлютский район – 5 ПП; Кызылжарский район – 10 ПП) и Костанайской (Мендыкаринский район – 6 ПП; Узункольский район – 1 ПП) области.

На заложенных ПП было измерено 5883 диаметра деревьев, 777 высот деревьев, 298 диаметров и длин крон растущих модельных деревьев.

На территории Северо-Казахстанской области на 6 ПП в зимний период было выкопано 72 шурфа, отобрано и взвешено 85 снежных кернов. На 15 ПП было проведено: в зимний период 848 измерений высоты снежного покрова на точках по заложенным профилям; 1254 измерения скорости ветрового потока в течении трех периодов наблюдений (в безлистном - зима, полублиственном - весна и облиственном - лето состоянии деревьев); выполнено 45 почвенных прикопок, в ходе которых отобрано 45 образцов почв.

Для определения надземной фитомассы по фракциям было измерено, срублено и взвешено на платформенных весах 60 модельных деревьев.

Для изучения радиального прироста было взято 90 кернов, и 45 кернов для определения возраста насаждений. Для построения ДКХ всего было измерено 3807 годичных колец. В процессе исследований радиального прироста деревьев в рядах посадки придорожных защитных лесных полос построены 8 древесно-кольцевых хронологий, 6 из которых могут успешно применяться при изучении динамики и параметров лесных экосистем региона исследований с целью производства точечных и пространственных реконструкций климатических и гидрологических условий. Подробная характеристика объектов исследования представлена в приложении 3.

ГЛАВА 4. СТРУКТУРА, СОСТОЯНИЕ И НАДЗЕМНАЯ ФИТОМАССА ПРИДОРОЖНЫХ ЗАЩИТНЫХ ЛЕСНЫХ ПОЛОС

4.1. Таксационная и конструктивная характеристика лесных полос

Свойства и функции защитных полос в значительной степени зависят от мелиоративно-таксационной характеристики их насаждений. Основные таксационные показатели древостоев исследуемых полос, полученные измерительно-перечислительным методом, представлены в таблице 4.1.

Таблица 4.1. – Таксационные показатели и продуктивность придорожных защитных полос

№ ПП	Порода	Возраст, лет	Средние		Запас, м ³ /га		Густота, шт./га	Бонитет
			диаметр, см	высота, м	общий	сухой		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
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

Окончание таблицы 4.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
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

Примечание: Бпв – берёза повислая; Тбз – тополь бальзамический; Соб – сосна обыкновенная; Кяс – клён ясенелистный; Воб – вяз обыкновенный.

Из приведенных в таблице 4.1 данных видно, что защитные полосы из твердолиственных (клён ясенелистный и вяз обыкновенный) и хвойных (сосна обыкновенная) пород представлены средневозрастными древостоями. Известно, что в этом возрасте насаждения при отсутствии неблагоприятных факторов находятся в фазе активного роста и развития. Защитные полосы из берёзы повислой представлены приспевающими (ПП 1, 12, 17-19) и средневозрастными (ПП 9, 10, 16 и 20) насаждениями, а из тополя бальзамического – спелыми (ПП 2, 4, 6, 8, 15, 21 и 22), приспевающими (ПП 7, 23) и перестойными (ПП 24).

Распределение исследуемых защитных лесных полос по классам бонитета характеризуется следующим образом: берёзовые насаждения на ПП 9 и ПП 10 растут по Ia классу бонитета, на ПП 16 – I, на ПП 1, 19 и 20 – по II классу, на ПП 12, 17 и 18 – по III классу; тополевые насаждения на ПП 4, 6 и 15 представлены I классом бонитета, на ПП 2, 7, 8, 21, 22 и 23 - II, на ПП 24 – III; вязовые насаждения на ПП 11 соответствуют V, а на ПП 13 и ПП 14 – IV классу бонитета. Клёновая полоса характеризуется III классом бонитета, а сосновая полоса соответствует IV классу.

Исследуемые защитные полосы существенно отличаются по густоте: древостои ПП 3, 4, 7, 9, 10 и 15 наиболее редкие - с густотой до 1000 шт./га;

древостои ПП 2, 6, 8, 12, 16, 19, 21-24 характеризуются количеством деревьев от 1001 до 2000 шт./га; густотой от 2001 до 3000 шт./га характеризуются древостои ПП 1, 5, 11, 17, 18 и 20; древостои ПП 13 и 14 наиболее густые (более 4000 шт./га).

Густота древостоев придорожных защитных полос в первую очередь обуславливается их конструкцией, а в процессе возрастного развития изменяется под воздействием комплекса почвенных и климатических факторов.

Как следует из данных таблицы, наибольшей продуктивностью характеризуются тополевые лесные полосы, запас стволовой древесины которых варьирует от 255,1 до 778,4 м³/га. Берёзовые полосы имеют запас – от 88,0 до 496,7 м³/га, вязовые полосы – от 107,4 до 222,6 м³/га, сосновая полоса имеет запас – 178 м³/га, а клёновая – 296,9 м³/га. Различия по запасу стволовой древесины, среди древостоев одной древесной породы, можно объяснить биолого-ценотическими условиями местопроизрастания, возрастом насаждений и конструкцией полос. Представление о конструктивных особенностях исследуемых полос можно получить из данных таблицы 4.2.

Большая часть исследуемых придорожных полос в условиях Северного Казахстана имеет ажурную (ПП 1, ПП 6, ПП 7, ПП 8, ПП 12, ПП 15, ПП 16 и 21) конструкцию и её переходные формы (ПП 2, ПП 4, ПП 5, ПП 9, ПП 10, ПП 11, ПП 17-24). Полосы на ПП 13 и ПП 14 имеют плотную конструкцию. Следует отметить, что в условиях Северного Казахстана на агроландшафтах защитные полосы ажурной и ажурно-продуваемой конструкций зарекомендовали себя, с точки зрения их мелиоративного влияния, наилучшим образом. Исследуемые защитные полосы располагаются на удалении от 10 до 49,5 м от автомобильных дорог.

Таблица 4.2. – Конструктивно-мелиоративная характеристика придорожных защитных полос

№ ПП	Конструкция	Количество рядов	Средние		Ширина полосы, м	Расстояние до автодороги, м
			расстояние между рядами, м	шаг посадки, м		
1	ажурная	13	1,0	0,5(0,7) – 1,0	20,0	20,0
2	ажурно–продуваемая	8	2,7–4,0	1,0–1,3	25,5	35,0
3	редкая вверху (крупносетчатая)–плотная внизу	1	–	1,0–1,3	–	43,0
4	ажурная вверху–плотная внизу	2	2,3	1,4	7,3	10,0
5	ажурно–плотная	3	3,0	1,1–1,6	10,0	35,0
6	ажурная	2	3,3	1,7–2,0	7,8	40,0
7	ажурная	–*	–	–	16,5	38,0
8	ажурная	1	–	1,0	–	37,0
9	ажурно–плотная	–*	–	–	21,5	47,5
10	ажурно–плотная	–*	–	–	20,5	33,0
11	ажурно–продуваемая	5	3,0–4,0	1,25	17,0	49,5
12	ажурная	13	1,0	0,5(0,7) – 1,0	19,5	24,0
13	плотная	3	2,8–3,4	1,0	10,3	26,5
14	плотная	4	2,8	1,0	13,7	27,0
15	ажурная	2	3,2	1,9	7,7	41,0
16	ажурная	5	3,0	2,0-3,0	15	34
17	ажурно–плотная	9	1,5	1,3	17	27
18	ажурно–плотная	10	1,5	1,2	19	36
19	ажурно–плотная	9	1,5	1,2	19	36
20	ажурно–плотная	13	2,0	1,3	30	26
21	ажурная	4	3,5-5,5	1,3	17	40
22	ажурно–продуваемая	6	3,0	1,5	20	35
23	ажурно–продуваемая	4	3,0-3,5	1,1-1,2	14	39,5
24	редкая вверху (крупносетчатая)–ажурная внизу	5	3,0-3,5	1,1-1,4	17	28

Примечание: * – ряды не просматриваются. Ширина полос приведена с учетом закраек.

В исследуемых защитных полосах при одинаковом возрасте древостоев разных пород характеризуются различными таксационными показателями.

Наиболее высокие таксационные показатели (средние значения диаметра и высоты и запас) характерны древостоям из тополя бальзамического. На втором месте по величине указанных таксационных показателей находятся древостой берёзы повислой. Далее по убыванию этих показателей располагаются древостой сосны обыкновенной, клёна ясенелистного и вяза обыкновенного.

Таксационные показатели древостоев в защитных полосах, как и в естественных сомкнутых насаждениях, в значительной степени связаны с их густотой произрастания. Влияние густоты на таксационную характеристику древостоев корректно можно проследить на примере топовых защитных полос 47-летнего возраста. На рисунке 4.1 показана зависимость среднего диаметра древостоев тополя (D) от их густоты (N).

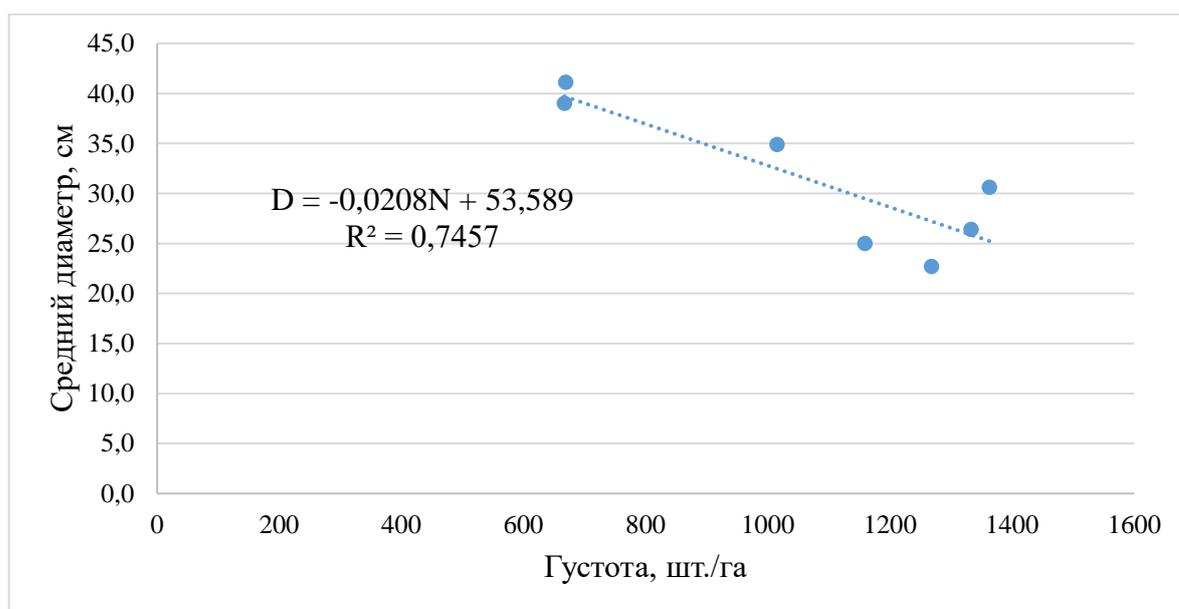


Рисунок 4.1. - Зависимость среднего диаметра древостоев тополя 47-летнего возраста от густоты произрастания в защитных придорожных полосах.

Данные приведенные на рисунке 4.1 показывают, что средний диаметр древостоев тополя в исследуемых полосах закономерно уменьшается с увеличением их густоты. Исследуемая зависимость в исследуемом, сравнительно узком диапазоне густоты, корректно описывается уравнением прямой:

$$D = -0,0208 \cdot N + 53,589, \quad R^2 = 0,746 \quad (4.1)$$

Достоверность значений коэффициентов уравнения (4.1) доказывается на 5%-м уровне значимости. Величина коэффициента детерминации показывает, что в древостоях тополя одного возраста густота объясняет более 74% изменчивости средних диаметров. В целом статистические показатели уравнения (4.1) дают

основание считать его достаточно адекватным и корректным экспериментальным данным.

На рисунке 4.2. показана зависимость средней высоты древостоев тополя (H) от их густоты (N).

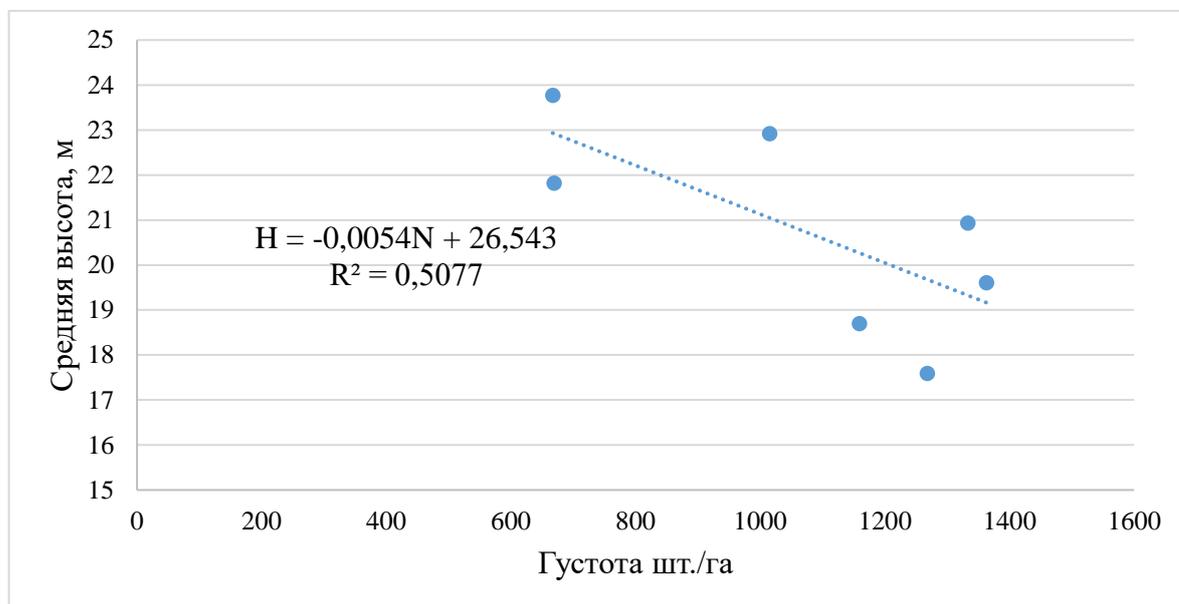


Рисунок 4.2. - Зависимость средней высоты древостоев тополя 47- летнего возраста от густоты произрастания в защитных придорожных полосах.

Анализ графика на рисунке 4.2. свидетельствует, что средняя высота древостоев тополя также закономерно уменьшается с увеличением густоты произрастания. Однако связь между данными показателями характеризуется меньшей теснотой, чем в предыдущим случае. Зависимость средней высоты древостоев тополя от их густоты в исследуемых полосах наиболее корректно описывается следующим уравнением:

$$H = -0,0054 \cdot N + 26,543, \quad R^2 = 0,508 \quad (4.2)$$

Значения коэффициентов уравнения (4.2) значимы на 5%-м уровне. Величина коэффициента детерминации показывает, что в древостоях тополя одного возраста густота объясняет около 50% изменчивости средних высот. Статистические показатели уравнения (4.2) свидетельствуют, что оно достаточно адекватно и

корректно экспериментальным данным.

При сравнении древостоев одинакового (или примерно одинакового возраста) уменьшение их средних значений диаметра и высоты с увеличением густоты произрастания наблюдается также в защитных полосах из берёзы и вяза.

4.2. Дифференциация деревьев в придорожных защитных лесных полосах

При оценке структуры древостоев значительный интерес вызывает дифференциация деревьев по их таксационным показателям: диаметру, высоте и размерам крон. Наибольшее применение в лесотаксационной практике имеют ряды распределения деревьев по диаметру (ступеням толщины) и высоте. Это связано с тем, что указанные ряды в значительной степени определяют структуру древостоя, а диаметр и высота деревьев являются наиболее информативными и технологичными при лесооценочных работах (Балакир, 2012).

В таблице 4.3. приведены основные статистические характеристики рядов распределения деревьев по диаметру и высоте в исследуемых защитных полосах. Перед анализом данных таблицы 4.3 следует отметить, что точность опыта на всех исследованных объектах соответствует таксационным требованиям: при оценке среднего диаметра она составляет не ниже $\pm 10\%$, а при оценке средней высоты – не ниже $\pm 6\%$. Средние диаметры деревьев на исследуемых полосах колеблются в достаточно широком диапазоне: от 12,1 см (ПП 14) до 43,2 см (ПП 4). Величины среднего диаметра обусловлены породой, возрастом, густотой полос и условиями местопроизрастания. Достоверность их подтверждается на 5%-ном уровне значимости ($t_{\text{факт.}} > t_{0,05}$). Величины $t_{0,05}$ установлены по таблице значений t-Стьюдента при соответствующем числе степеней свободы (Рокицкий, 1973). Значения коэффициента вариации диаметров достаточно существенно различаются по пробным площадям: от 16,81% (ПП 2) до 56,49% (ПП 11). Сопоставление их с данными шкалы изменчивости количественных признаков растений С.А. Мамаева (1970) позволяет констатировать уровень изменчивости диаметров на отдельных пробных площадях от средней до очень высокой.

При одинаковом (примерно одинаковом) возрасте изменчивость диаметра деревьев в исследуемых полосах в значительной степени связана с формирующими их древесными породами. В порядке увеличения коэффициента вариации диаметра защитные полосы можно расположить в следующий ряд: тополевые, сосновая, берёзовые, клёновая и вязовые. Такое расположение, на наш взгляд, связано с отношением древесных пород к свету. Известно, что тополь, берёза и сосна относятся к очень светолюбивым породам, а клён и вяз - среднетеневыносливым.

В целом, на наш взгляд, значения коэффициента вариации диаметров достаточно точно отражают дифференциацию деревьев на исследуемых объектах.

При сравнении их с литературными данными можно отметить, что они несколько ниже, чем в естественных сомкнутых древостоях. Известно, что дифференциация деревьев имеет наследственную основу, а в сомкнутых лесных насаждениях она увеличивается в результате конкурентных взаимоотношений между деревьями (Кузьмичев, 2013). В защитных полосах конкуренция проявляется в меньшей степени благодаря более редкому размещению деревьев.

В защитных полосах, как и в естественных древостоях, дифференциация деревьев по высоте значительно ниже, чем по диаметру. Средние высоты изучаемых посадок изменяются в пределах от 6,2 м (ПП 11) до 23,3 м (ПП 15). Значения средней высоты древостоев в защитных полосах зависят от породы, возраста, густоты и условий местопроизрастания. Достоверность их подтверждается на 5%-ном уровне значимости ($t_{\text{факт.}} > t_{0,05}$). Значения коэффициента вариации высоты по сравнению с значениями коэффициента вариации диаметров меньшей степени различаются по пробным площадям и изменяются от 10,49 (ПП 24) до 34,02% (ПП 11). По шкале С.А. Мамаева (1970) изменчивость высоты деревьев на отдельных пробных площадях соответствует уровням от низкого до высокого.

Таблица 4.3. – Статистические характеристики распределения деревьев по диаметру и высоте в придорожных лесных полосах

№ ПП	Порода	Возраст, лет	Количество рядов	Средние		Диаметр (D), см				Высота (H), м			
				шаг посадки, м	ширина междурядий, м	среднее значение	стандартная ошибка среднего	стандартное отклонение	коэффициент вариации, %	среднее значение	стандартная ошибка среднего	стандартное отклонение	коэффициент вариации, %
1	Бпв	57	13	0,5(0,7) - 1,0	1,0	19,5	±1,05	6,74	34,46	18,2	±0,77	4,95	27,23
2	Тбз	47	8	1,0-1,3	2,7-4,0	24,4	±0,66	4,09	16,81	18,5	±0,51	3,19	17,19
3	Соб	47	1	1,0-1,3	-	23,6	±0,88	5,86	24,85	9,7	±0,24	1,56	16,08
4	Тбз	47	2	1,4	2,3	43,2	±1,65	10,8	25,01	22,1	±0,64	4,23	19,15
5	Кяс	47	3	1,1-1,6	3,0	16,4	±0,89	5,98	36,53	9,9	±0,32	2,17	21,93
6	Тбз	47	2	1,7-2,0	3,3	35,0	±1,04	6,97	19,89	22,9	±0,59	3,93	17,16
7	Тбз	38	-*	-	-	29,4	±1,90	12,76	43,44	17,4	±0,80	5,37	30,78
8	Тбз	47	1	1,0	-	30,8	±1,13	7,34	23,81	19,6	±0,64	4,14	21,14
9	Бпв	27	-*	-	-	17,2	±1,18	7,16	41,57	13,3	±0,44	2,70	20,27
10	Бпв	27	-*	-	-	20,2	±1,22	7,44	36,89	15,3	±0,46	2,80	18,30
11	Воб	47	5	1,25	3,0-4,0	13,1	±1,13	7,39	56,49	6,2	±0,32	2,09	34,02
12	Бпв	57	13	0,5(0,7) - 1,0	1,0	19,6	±1,35	8,51	43,47	15,5	±0,69	4,39	28,28
13	Воб	47	3	1,0	2,8-3,4	14,4	±0,87	5,74	39,88	9,3	±0,29	1,93	20,75
14	Воб	47	4	1,0	2,8	12,1	±0,82	5,49	45,38	8,2	±0,38	2,54	31,02
15	Тбз	47	2	1,9	3,2	37,8	±1,87	12,52	33,12	23,3	±0,72	4,81	20,62
16	Бпв	38	5	2,0-3,0	3,0	22,8	±1,92	7,43	32,65	18,2	±0,92	3,57	19,64
17	Бпв	54	9	1,3	1,5	18,9	±1,39	5,75	30,43	16,0	±0,72	2,98	18,59
18	Бпв	55	10	1,2	1,5	16,4	±1,50	6,01	36,65	15,1	±0,80	3,20	21,20
19	Бпв	55	9	1,2	1,5	20,7	±1,88	7,53	36,28	17,7	±0,96	3,82	21,62
20	Бпв	41	13	1,3	2,0	16,8	±1,52	6,09	36,24	16,1	±0,49	1,94	12,11
21	Тбз	47	4	1,3	3,5-5,5	26,6	±1,47	5,68	21,35	20,7	±0,95	3,68	17,76
22	Тбз	48	6	1,5	3,0	25,2	±1,16	4,51	17,93	17,9	±0,56	2,18	12,19
23	Тбз	38	4	1,1-1,2	3,0-3,5	23,6	±1,61	6,64	28,11	16,8	±0,69	2,84	16,89
24	Тбз	58	5	1,1-1,4	3,0-3,5	22,3	±1,46	5,26	23,65	16,9	±0,49	1,77	10,49

Примечание: * - ряды не просматриваются

В порядке увеличения коэффициента вариации высоты защитные полосы разных пород располагаются в следующий ряд: сосновая, тополевые, берёзовые, клёновая и вязовые. Дифференциация высот в защитных полосах светолюбивых пород ниже, чем в полосах теневыносливых.

Известно (Луганский, Нагимов, 1994), что коэффициент вариации диаметров (V_d) в древостоях зависит от их возраста (A). Такая зависимость наблюдается и на исследуемых объектах. Ее можно оценить на примере берёзовых (рисунок 4.3) и тополевых (рисунок 4.4) защитных полос.

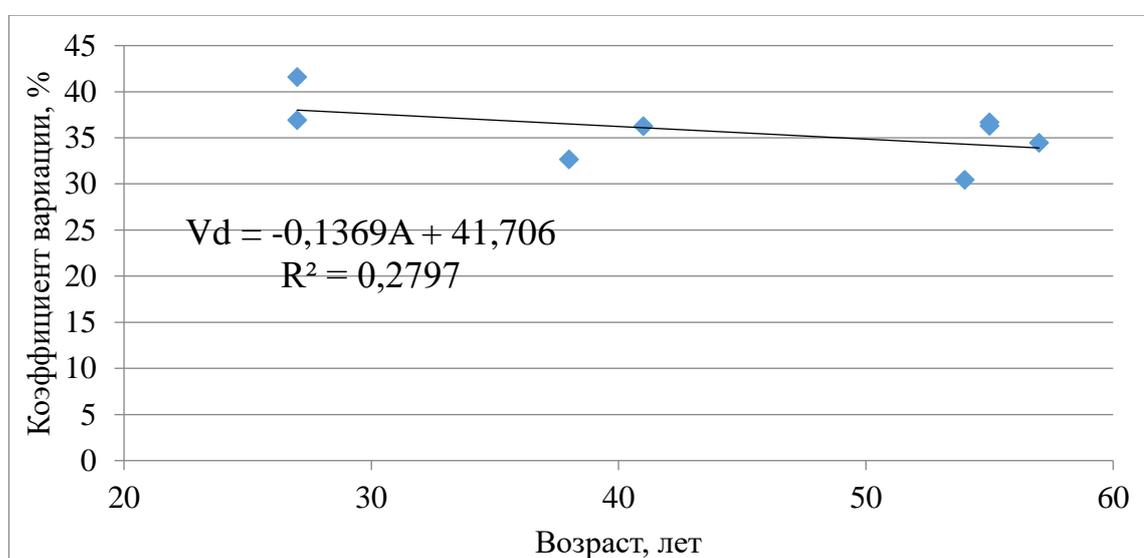


Рисунок 4.3. - Зависимость коэффициента вариации диаметров деревьев от их возраста в берёзовых защитных полосах

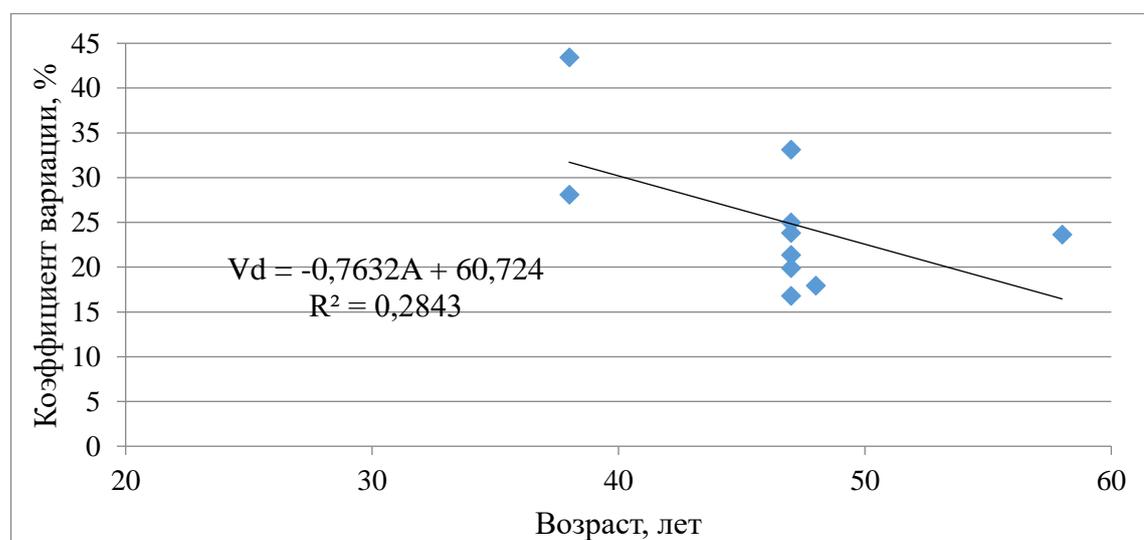


Рисунок 4.4. - Зависимость коэффициента вариации диаметров деревьев от их возраста в тополевых защитных полосах

Коэффициент корреляции (r) связи между коэффициентом вариации диаметра (VD) и возрастом (A) в защитных полосах берёзы составляет $-0,529$, а в защитных полосах тополя – $-0,533$. Таким образом, рассматриваемые связи обратные и значительной тесноты (Дворецкий, 1971). Они свидетельствуют, что с увеличением возраста посадок коэффициент вариации диаметра деревьев закономерно уменьшается.

Коэффициент вариации высоты деревьев (Vh) с увеличением возраста в защитных полосах берёзы закономерно увеличивается (рисунок 4.5), а в полосах тополя (рисунок 4.6) - снижается.

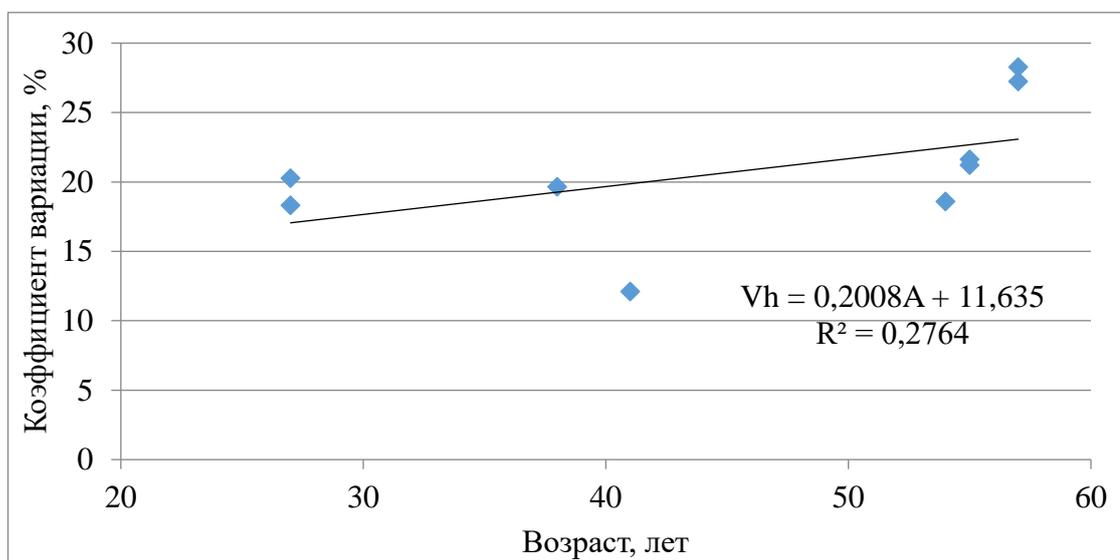


Рисунок 4.5. - Зависимость коэффициента вариации высоты деревьев от их возраста в берёзовых защитных полосах.

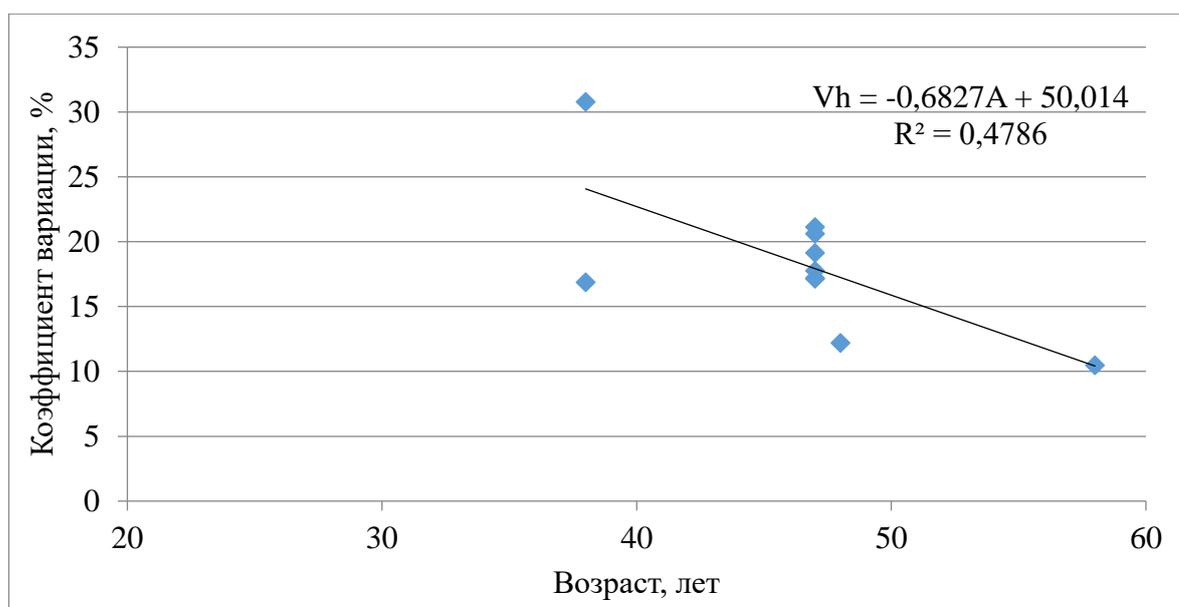


Рисунок 4.6. - Зависимость коэффициента вариации высоты деревьев от их возраста в тополевых защитных полосах.

В защитных берёзовых полосах коэффициент корреляции связи между коэффициентом вариации и возрастом составляет $+0,526$. Связь по тесноте значительная. Увеличение дифференциации деревьев берёзы по высоте с увеличением возраста посадок, на наш взгляд, объясняется особенностями выборки.

В тополевых полосах коэффициент вариации высоты с возрастом уменьшается, что не противоречит общеизвестным представлениям. Коэффициент корреляции между этими показателями составляет $-0,692$. Таким образом, рассматриваемая связь обратная, а по тесноте значительная.

В исследованиях защитных насаждений важное значение имеют показатели кроны деревьев, от которых зависит эффективность выполнения ими средоулучшающих и защитных функций. В таблице 4.4 приведены основные статистические показатели рядов распределения деревьев по диаметру и протяженности кроны в исследуемых защитных полосах. Точность опыта на всех исследованных объектах соответствует лесотаксационным требованиям. Она составляет не ниже $\pm 10\%$. Средние диаметры кроны деревьев на исследуемых полосах колеблются в достаточно широком диапазоне: от 3,2 м (ПП 11) до 8,7 м

(ПП4). Величины среднего диаметра обусловлены породой, возрастом, густотой полос и условиями местопроизрастания. Достоверность их во всех случаях подтверждается на 5%-ном уровне значимости ($t_{\text{факт.}} > t_{0,05}$). При примерно одинаковом возрасте наибольшими значениями диаметра крон отличаются защитные полосы тополя (в среднем 6,96 м), а наименьшими – вяза (3,76 м). Защитные полосы остальных пород по этому показателю занимают промежуточное положение (от 4,10 до 4,45 м.) Значения коэффициента вариации диаметров крон достаточно существенно различаются по пробным площадям: от 17,50% (ПП 2) до 36,99% (ПП 11). Сопоставление их с данными шкалы изменчивости количественных признаков растений С.А. Мамаева (1970) позволяет констатировать уровень изменчивости диаметров крон на отдельных пробных площадях от средней до высокой.

Таблица 4.4. – Статистические характеристики распределения деревьев по линейным размерам крон в придорожных лесных полосах

№ ПП	Порода	Возраст, лет	Количество рядов	Средние		Диаметр кроны (D_k), м				Протяженность кроны (L_k), м			
				шаг посадки, м	ширина междурядий, м	среднее значение	стандартная ошибка среднего	стандартное отклонение	коэффициент вариации, %	среднее значение	стандартная ошибка среднего	стандартное отклонение	коэффициент вариации, %
1	Бпв	57	13	0,5(0,7) - 1,0	1,0	4,5	±0,30	1,33	29,88	13,2	±0,85	3,80	28,75
2	Тбз	47	8	1,0-1,3	2,7-4,0	4,7	±0,19	0,83	17,50	15,0	±0,76	3,40	22,63
3	Соб	47	1	1,0-1,3	-	4,4	±0,23	1,01	23,14	7,0	±0,32	1,43	20,30
4	Тбз	47	2	1,4	2,3	8,7	±0,50	2,13	24,39	18,7	±0,74	3,15	16,86
5	Кяс	47	3	1,1-1,6	3,0	4,1	±0,25	1,11	26,85	8,0	±0,35	1,58	19,69
6	Тбз	47	2	1,7-2,0	3,3	6,6	±0,26	1,17	17,68	22,2	±0,66	2,96	13,36
7	Тбз	38	-*	-	-	7,3	±0,38	1,69	23,00	17,6	±0,89	3,99	22,74
8	Тбз	47	1	1,0	-	7,2	±0,40	1,81	25,16	19,6	±0,84	3,76	19,20
9	Бпв	27	-*	-	-	4,0	±0,30	1,36	33,69	9,5	±0,53	2,35	24,60
10	Бпв	27	-*	-	-	5,3	±0,31	1,37	25,68	11,9	±0,49	2,17	18,21
11	Воб	47	5	1,25	3,0-4,0	3,2	±0,26	1,18	36,99	4,7	±0,38	1,70	35,85
12	Бпв	57	13	0,5(0,7) - 1,0	1,0	4,0	±0,27	1,20	29,92	10,3	±0,70	3,14	30,57
13	Воб	47	3	1,0	2,8-3,4	4,5	±0,30	1,36	30,29	8,5	±0,39	1,75	20,45
14	Воб	47	4	1,0	2,8	3,6	±0,19	0,83	23,32	7,1	±0,37	1,67	23,58
15	Тбз	47	2	1,9	3,2	7,6	±0,33	1,46	19,18	21,8	±0,81	3,61	16,58

Примечание: * - ряды не просматриваются

Средняя протяженность крон по пробным площадям колеблется в диапазоне от 4,7 (ПП11) до 21,8 (ПП15) м. Достоверность этого показателя во всех случаях подтверждается на 5%-ном уровне значимости ($t_{\text{факт.}} > t_{0,05}$). При примерно одинаковом возрасте, как и в случае с диаметром крон, наибольшими значениями протяженности крон отличаются защитные полосы тополя (в среднем 11,23 м), а наименьшими – вяза (6,83 м).

Значения коэффициента вариации протяженности крон несколько ниже, чем их диаметра. Этот показатель на исследуемых объектах изменяется от 13,36% (ПП6) до 35,85% (ПП11). По шкале С.А. Мамаева (1970) уровень изменчивости протяженности крон на отдельных пробных площадях оценивается от средней до высокой.

Из специальной литературы известно, что при оценке эффективности выполнения деревьями защитных, мелиоративных и средоулучшающих функций более информативными показателями являются не линейные размеры крон, а их площадь поверхности и объем. Необходимо отметить, что в настоящее время сведения об этих показателях крон деревьев весьма ограничены и любые данные о них представляют и научный и практический интерес.

В таблице 4.5 приведены основные статистические характеристики рядов распределения деревьев по площади поверхности и объему крон в исследуемых защитных посадках.

Приступая к анализу данных таблицы 4.5 следует отметить, что точность опыта на всех исследованных объектах соответствует лесотаксационным требованиям. Средние значения площади поверхности крон в защитных полосах изменяются в пределах от 31,8 (ПП11) до 288,0 (ПП4) м². В порядке увеличения этого показателя защитные полосы разных пород располагаются в следующий ряд: вязовые (в среднем по всем полосам 49,7 м²), сосновая (58,7), клёновая (60,2), берёзовые (89,2) и тополевые (233,04). Достоверность площади поверхности крон подтверждается на 5%-ном уровне значимости ($t_{\text{факт.}} > t_{0,05}$).

Таблица 4.5. – Статистические характеристики распределения деревьев по площади поверхности и объему крон в придорожных лесных полосах

№ ПП	Порода	Возраст, лет	Количество рядов	Средние		Площадь поверхности кроны (S_k), м ²				Объем кроны (V_k), м ³			
				шаг посадки, м	ширина междурядий, м	среднее значение	стандартная ошибка среднего	стандартное отклонение	коэффициент вариации, %	среднее значение	стандартная ошибка среднего	стандартное отклонение	коэффициент вариации, %
1	Бпв	57	13	0,5(0,7) - 1,0	1,0	102,1	±10,46	46,77	45,80	118,8	±17,43	77,93	65,60
2	Тбз	47	8	1,0-1,3	2,7-4,0	118,2	±7,81	34,93	29,55	137,1	±13,47	60,22	43,91
3	Соб	47	1	1,0-1,3	-	58,7	±5,15	23,05	39,25	38,8	±4,90	21,92	56,57
4	Тбз	47	2	1,4	2,3	288,0	±23,69	100,52	34,90	594,8	±84,80	359,77	60,49
5	Кяс	47	3	1,1-1,6	3,0	60,2	±5,35	23,94	39,77	58,6	±8,34	37,29	63,60
6	Тбз	47	2	1,7-2,0	3,3	241,7	±12,88	57,60	23,83	393,6	±33,26	148,74	37,79
7	Тбз	38	-*	-	-	227,7	±19,26	86,14	37,83	412,5	±49,09	219,55	53,22
8	Тбз	47	1	1,0	-	238,9	±19,70	88,10	36,88	427,8	±62,44	279,23	65,27
9	Бпв	27	-*	-	-	69,9	±8,33	37,27	53,31	74,0	±14,20	63,50	85,82
10	Бпв	27	-*	-	-	113,4	±10,58	47,33	41,75	149,4	±21,49	96,09	64,33
11	Воб	47	5	1,25	3,0-4,0	31,8	±5,49	24,57	77,38	25,7	±7,53	33,66	131,10
12	Бпв	57	13	0,5(0,7) - 1,0	1,0	71,3	±6,68	29,88	41,93	71,1	±10,05	44,96	63,25
13	Воб	47	3	1,0	2,8-3,4	71,8	±8,71	38,94	54,23	80,5	±15,96	71,38	88,63
14	Воб	47	4	1,0	2,8	45,6	±4,03	18,02	39,52	38,3	±5,41	24,22	63,17
15	Тбз	47	2	1,9	3,2	278,4	±15,99	71,53	25,70	514,4	±48,73	217,94	42,37

Примечание: * - ряды не просматриваются

Значения коэффициента вариации площади поверхности крон существенно различаются по опытным объектам и изменяются от 23,83% (ПП6) до 77,38% (ПП11). По шкале С.А. Мамаева (1970) изменчивость площади поверхности крон деревьев на отдельных опытных участках оценивается как повышенная, высокая и очень высокая.

В порядке увеличения коэффициента вариации площади поверхности крон защитные полосы разных пород располагаются в следующий ряд: тополевые (в среднем по всем полосам 30,17%), сосновая (39,25%), клёновая (39,77%), берёзовые (45,71%) и вязовые (57,04%).

Средние объемы крон деревьев в исследуемых полосах изменяются в диапазоне от 25,7 (ПП11) до 594,8 (ПП4) м³. В порядке увеличения этого показателя защитные полосы разных пород располагаются в следующий ряд: сосновая (38,8 м³), вязовые (в среднем по всем полосам 48,17 м³), клёновая (58,6 м³), берёзовые (103,33 м³) и тополевые (413,54 м³). Достоверность объемов крон подтверждается на 5%-ном уровне значимости ($t_{\text{факт.}} > t_{0,05}$). Значения коэффициента вариации данного показателя по опытным участкам варьируют в пределах от 37,79% (ПП6) до 131,1% (ПП11). По шкале С.А. Мамаева (1970) изменчивость объема крон деревьев на отдельных опытных участках, как и в случае с площадью поверхности крон, оценивается как высокая или очень высокая.

В порядке увеличения коэффициента вариации объема крон защитные полосы разных пород располагаются в следующей последовательности: тополевые (в среднем по всем полосам 49,89%), сосновая (56,57%), клёновая (63,6%), берёзовые (69,75%) и вязовые (94,3%).

Приведенные выше материалы свидетельствуют, что из рассмотренных показателей стволов и крон, наиболее изменчивыми являются площадь поверхности и объем крон. Дифференциация деревьев по площади поверхности и объему крон уменьшается с возрастом. Это уменьшение можно оценить по защитным полосам берёзы. В частности, в средневозрастных насаждениях берёзы коэффициенты вариации площади поверхности и объема крон составляют 47,53 и

75,08%, соответственно. В приспевающих древостоях берёзовых полос они значительно ниже: 43,87% и 64,43%.

При сравнении полученных нами результатов с опубликованными данными других исследователей (Коростелев, 1978; Луганский, Лысов, 1991; Луганский, Нагимов, 1994; Верхунов, Черных, 2009; и др.) выявляется, что при равных условиях по породному составу, возрасту и классу бонитета дифференциация деревьев по таксационным показателям в защитных полосах ниже, чем в сомкнутых естественных древостоях. Этот факт является косвенным показателем меньшей стабильности и устойчивости защитных полос по сравнению с массивами естественных сомкнутых насаждений. Отличительные особенности дифференциации деревьев в придорожных полосах, на наш взгляд, объясняются, во-первых, с использованием при создании полос одновозрастного, достаточно однородного в генетическом отношении посадочного материала, а во-вторых - условиями произрастания деревьев вблизи дорог. Условия произрастания, с одной стороны характеризуются отсутствием значимых конкурентных взаимоотношений между деревьями, а с другой – влиянием техногенных нагрузок, заметно ухудшающих качество среды. При ухудшении качества среды биологический потенциал роста деревьев реализуются в меньшей степени. Указанные факторы, безусловно, при прочих равных условиях, укорачивает диапазон варьирования показателей.

4.3. Санитарное состояние защитных полос

Санитарное состояние насаждений в значительной степени обусловлено их таксационными характеристиками. Определенное влияние на этот показатель оказывает схема размещения посадочных мест при создании полос, определяющая их первоначальную и текущую густоту.

Исследуемые защитные лесные насаждения в соответствии с биологическими особенностями древесных пород, использованных при их

создании, находятся на разных возрастных этапах. Это обстоятельство помимо техногенного стресса, испытываемого насаждениями, безусловно, находит отражение на их санитарном состоянии.

Определенные разными способами показатели санитарного состояния древостоев на ПП и их относительного жизненного состояния по методике В.А. Алексеева представлены в таблице 4.6.

Таблица 4.6. - Санитарное и относительное жизненное состояния древостоев

№ ПП	Санитарное состояние древостоев определенное				Жизненное состояние по В.А. Алексееву	
	по общепринятой методике		по 11 категориям состояния деревьев		показатель L, %	состояние
	балл	состояние	балл	состояние		
1	2	3	4	5	6	7
<i>в пределах Северо-Казахстанской области (лесостепная зона)</i>						
Автодорога А-12 «Петропавловск-Соколовка-граница РФ»						
6	2,02	ослабленный	2,02	ослабленный	69,78	ослабленный
7	2,05	ослабленный	2,08	ослабленный	70,05	ослабленный
8	2,34	ослабленный	2,44	ослабленный	63,04	ослабленный
9	1,67	ослабленный	1,67	ослабленный	80,05	здоровый
10	1,59	ослабленный	1,59	ослабленный	81,42	здоровый
11	4,00	усыхающий	4,31	усыхающий	29,66	сильно ослабленный
15	2,13	ослабленный	2,13	ослабленный	66,35	ослабленный
Автодорога М-51 «Челябинск-Новосибирск»						
1	2,06	ослабленный	2,21	ослабленный	73,50	ослабленный
12	1,82	ослабленный	1,91	ослабленный	78,61	ослабленный
3	2,37	ослабленный	2,42	ослабленный	61,44	ослабленный
5	4,32	усыхающий	4,89	погибший	32,84	сильно ослабленный
2	2,66	сильно ослабленный	2,75	сильно ослабленный	53,66	ослабленный

Окончание таблицы 4.6

1	2	3	4	5	6	7
Автодорога А–21 «Мамлютка-Костанай»						
4	2,12	ослабленный	2,15	ослабленный	67,15	ослабленный
13	2,70	сильно ослабленный	2,74	сильно ослабленный	54,38	ослабленный
14	3,20	сильно ослабленный	3,31	сильно ослабленный	46,19	сильно ослабленный
24	3,21	сильно ослабленный	3,55	усыхающий	49,80	сильно ослабленный
23	2,41	ослабленный	2,43	ослабленный	61,40	ослабленный
<i>в пределах Костанайской области (стенная зона)</i>						
22	3,21	сильно ослабленный	3,28	сильно ослабленный	38,14	сильно ослабленный
21	2,43	ослабленный	2,43	ослабленный	60,66	ослабленный
20	2,67	сильно ослабленный	3,16	сильно ослабленный	65,65	ослабленный
19	2,71	сильно ослабленный	3,09	сильно ослабленный	60,14	ослабленный
18	2,70	сильно ослабленный	3,21	сильно ослабленный	64,67	ослабленный
17	2,80	сильно ослабленный	3,36	сильно ослабленный	61,62	ослабленный
16	2,43	ослабленный	2,89	сильно ослабленный	70,97	ослабленный

Анализ данных, приведенных в таблице 4.6, позволяет отметить следующее. Санитарное состояние насаждений, определенное с учетом всех 11 категорий состояния деревьев (Правила санитарной безопасности в лесах, 2013), в большинстве случаев оценивается несколько худшими балльными показателями (от 1,59 до 4,89), чем при определении по общепринятой методике (от 1,59 до 4,32). В защитных лесах, на наш взгляд, предпочтение следует отдавать способу, учитывающему соотношение количества деревьев всех категорий состояния

(Здорнов, Нагимов, 2018). Следует отметить, что степень ослабления насаждений за исключением ПП 5, 16 и 24 обоими способами идентифицируется однозначно. Санитарное состояние насаждений достаточно тесно связано с их жизненным состоянием по В.А. Алексееву. Тем не менее, в некоторых случаях ослабленные по санитарному состоянию насаждения (ПП 9 и 10) по жизненному состоянию оцениваются как здоровые, усыхающие (ПП 5, 11) – как сильно ослабленные, а сильно ослабленные (ПП 2, 13, 17, 18, 19, 20) – как ослабленные.

Санитарное и жизненное состояния насаждений защитных полос в значительной степени зависят от породного состава (Здорнов, Нагимов, 2018). В порядке ухудшения санитарного состояния исследуемые защитные 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 70,74%, сосновой – 61,4%, для тополевых – 60,0%, вязовых – 43,4% и для клёновой – 32,8%.

Следует отметить, что средняя категория санитарного состояния для берёзовых полос в условиях лесостепной зоны Северного Казахстана соответствует – 1,85, а в условиях степной зоны Костанайской области – 3,14. Данное обстоятельство позволяет предположить, что разница в 1,7 раза, вероятно, объясняется различием лесорастительных условий и лимитирующими факторами, которые присущи для степной зоны. Аналогично для берёзовых полос наблюдается ухудшение относительного жизненного состояния, так показатель (L_n) в степной зоне соответствует – 64,6%, а в лесостепной – 78,4%.

Влияние возраста насаждений на их санитарное и жизненное состояния можно оценить по данным берёзовых и тополевых полос. При их анализе выявляется, что с возрастом степень ослабления насаждений увеличивается. Так, в условиях лесостепной зоны, в 27-летних защитных насаждениях берёзы (ПП 9 и 10) средняя категория санитарного состояния составляет 1,63, а показатель относительного жизненного состояния (L_n) – 80,7%. В возрасте 57 лет (ПП 1 и 12)

эти показатели, соответственно, равны 2,06 и 76,1%, то есть степень ослабления насаждений заметно выше. Заслуживает внимания тот факт, что в условиях степной зоны, балл санитарного состояния у берёзовых защитных полос в целом выше, а показатель жизненного состояния характеризуется меньшими значениями. Данный факт свидетельствует о различии условий местопроизрастания, что в свою очередь отражается на санитарном состоянии древостоев.

Такая же закономерность, в целом, прослеживается в защитных насаждениях из тополя. В возрасте 38 лет (ПП 7) насаждения тополя характеризуются баллом санитарного состояния равным 2,08 и показателем L_n – 70,1%. Санитарное и жизненное состояния 47-летних тополевых защитных насаждений (ПП 2, 4, 6, 8, 15 и 21) значительно ниже: средний балл санитарного состояния составляет 2,32, а показатель L_n – 63,4%. В возрасте 58 лет тополевая полоса характеризуется баллом санитарного состояния равным 3,55 и показателем L_n равным 49,80.

В целом приведенные выше материалы свидетельствуют, что по санитарному состоянию защитные лесные полосы из тополя характеризуются как ослабленные, за исключением ПП 24 и 22, на которых древостои характеризуются как усыхающие и сильно ослабленные соответственно. Полосы из берёзы в условиях лесостепной зоны по санитарному состоянию характеризуются как ослабленные, а в условиях степной зоны по общепринятой методике, как сильно ослабленные (ПП 17, 18, 19 и 20). Защитные полосы из вяза характеризуются – как сильно ослабленные и усыхающие, а из клёна – как погибшее. Из всех использованных при создании защитных полос древесных пород наибольшую устойчивость демонстрирует берёза, древостои которой в молодом возрасте (ПП 9 и 10) по относительному жизненному состоянию оцениваются как здоровые, но с ухудшением лесорастительных условий, и под действием лимитирующих факторов, данная древесная порода снижает свою устойчивость.

В многорядных полосах при прочих равных условиях на жизнедеятельность деревьев оказывает влияние их пространственное размещение и густота стояния, которые обуславливают степень конкурентных взаимоотношений между ними. Об

этом свидетельствуют данные о средневзвешенных категориях состояния деревьев, рассчитанные отдельно для каждого ряда защитных полос, таблица 4.7.

Таблица 4.7. - Средние баллы санитарного состояния деревьев в многорядных полосах

№ ПП	Санитарное состояние по рядам посадки												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	балл состояния												
1	2,1	1,3	2,0	2,1	2,3	2,9	2,6	2,8	2,4	2,5	1,8	2,1	2,1
12	2,4	1,7	2,0	2,8	2,2	2,4	2,0	1,8	1,7	1,6	1,4	1,9	1,3
20	1,9	2,8	2,9	3,3	4,0	2,4	3,3	3,1	3,5	4,1	4,4	2,5	3,0
19	2,0	3,8	3,7	4,2	2,9	3,6	3,4	2,8	2,5	2,0	–	–	–
18	2,0	2,8	3,3	2,7	4,4	3,7	4,2	3,5	2,6	2,9	–	–	–
17	2,9	4,6	3,5	3,1	2,5	3,8	2,3	4,3	3,3	–	–	–	–
2	2,7	2,7	2,8	2,5	2,7	2,6	3,0	3,1	–	–	–	–	–
22	3,0	3,6	3,7	3,1	3,3	2,9	–	–	–	–	–	–	–
11	3,5	4,0	3,0	6,1	5,1	–	–	–	–	–	–	–	–
16	2,0	3,4	4,2	3,3	1,6	–	–	–	–	–	–	–	–
24	2,8	3,8	3,5	4,3	3,3	–	–	–	–	–	–	–	–
14	3,2	3,5	3,4	3,1	–	–	–	–	–	–	–	–	–
23	2,3	2,7	2,5	2,2	–	–	–	–	–	–	–	–	–

Анализ данных таблицы 4.7 свидетельствует, что наиболее высокие значения среднего балла санитарного состояния деревьев, как правило, присущи центральным рядам защитных полос. Таким образом, деревья в этих рядах характеризуются худшим санитарным состоянием по сравнению с деревьями из крайних рядов. Такое положение вполне объяснимо: в центральных рядах деревья находятся в более жестких конкурентных взаимоотношениях за свет и элементы питания.

Следует отметить, что в этом отношении деревья, произрастающие в крайних рядах полос (1 и 13), находятся в более благоприятном положении. Однако их санитарное состояние не самое лучшее, по этому признаку они заметно уступают

деревьям 2 и 11 рядов. На наш взгляд это связано с тем, что деревья крайних рядов в большей степени подвержены негативным воздействиям со стороны автомобильной дороги и открытых пространств, которые заметно ухудшают их санитарное состояние. Аналогичные результаты получены по другим пробным площадям, заложенным в многорядных защитных полосах.

Средневзвешенные категории санитарного состояния деревьев в рядах посадки, на примере 13-рядной берёзовой полосы, представлены на рисунке 4.7.

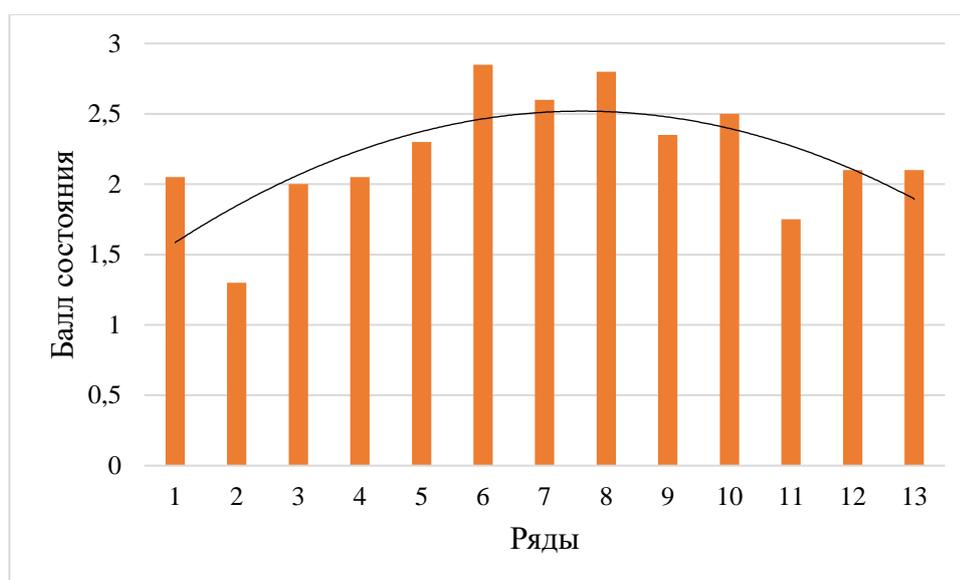


Рисунок 4.7 – Средние баллы санитарного состояния деревьев в рядах посадки (на примере ПП 1).

4.4. Фитотоксичность почв в пределах защитных лесных полос

Фитотоксичность почв в непосредственной близости от защитных лесных полос и под их пологом определялась с целью оценки влияния данного фактора на санитарное состояние защитных насаждений.

Данные по фитотоксичности почв в пределах придорожных лесных полос свидетельствуют, что большинство проб почвы в районе исследований (в пределах Мамлютского и Кызылжарского районов Северо-Казахстанской области) являются фитотоксичными, имея степень токсичности от слабой до гипертоксичной.

Четкой закономерной связи между санитарным состоянием исследуемых защитных полос и степенью токсичности почвы выявлено не было: степень токсичности почв под пологом насаждений и в их пределах могла варьировать от слабой до гипертоксичной, независимо от санитарного состояния.

Как правило, оптимальная для жизнедеятельности хлореллы кислотность среды находится в пределах 6 - 8 единиц рН (Козицкая и др., 2006). Анализ полученных данных показал, что рН практически всех образцов водных вытяжек из почвы не выходит за эти величины (приложение 2). Таким образом, полученные результаты укладываются в известные рамки. Показатели рН и фитотоксичности почв в пределах защитных лесных полос могут зависеть от расстояния от дороги до лесной полосы и комбинации загрязняющих веществ, аккумулированных в почве в полосе отвода автомобильной дороги и под пологом насаждений.

Выборочный анализ почв по определению содержания углерода гумуса (таблица 4.8) в верхнем горизонте на некоторых ПП позволил установить, что количественные показатели содержания углерода гумуса находятся в пределах от 2,65 до 3,24%. Такие показатели свидетельствуют об однородности лесорастительных условий района исследований.

Таблица 4.8. – Содержание углерода гумуса в пределах защитных лесных полос, %

№ ПП	Порода	Пункты отбора проб	Углерод гумуса, %
3	сосна обыкновенная	<i>проба №1</i>	2,88±0,06
		<i>проба №2</i>	2,98±0,04
		<i>проба №3</i>	2,74±0,02
7	тополь бальзамический	<i>проба №1</i>	3,08±0,03
		<i>проба №2</i>	3,16±0,02
		<i>проба №3</i>	2,65±0,03
15	тополь бальзамический	<i>проба №1</i>	3,24±0,07
		<i>проба №2</i>	2,91±0,03
		<i>проба №3</i>	2,84±0,02

Примечание: Проба № 1 – перед полосой (на удалении 5-8 м); проба № 2 – в полосе; проба № 3 – за полосой (на удалении 5-8 м).

Повышенную токсичность почвы, особенно внутри полос на разных ПП вероятно можно объяснить тем, что газообразные выбросы со стороны автомобильной дороги под воздействием ветрового потока достигают и в значительной степени задерживаются полосами. Данное обстоятельство, вероятно, способствует накоплению токсичных веществ. Еще одним немаловажным фактором накопления токсичных веществ в полосах является депонирование токсичных веществ листьями растений и их последующий опад и перегнивание внутри полос.

4.5. Относительная высота древостоев защитных полос

В настоящее время одной из важнейших задач лесной науки является поиск критериев и индикаторов устойчивости древесных растений. Эффективным количественным показателем напряженности внутривидовой конкуренции и устойчивости деревьев считается их относительная высота H/D (Кузьмичев, 2013). Увеличение этого показателя у отставших в росте, угнетенных деревьев свидетельствует, что они, стремясь выйти в верхний полог, увеличивают прирост по высоте за счет уменьшения прироста по диаметру. Такой процесс признается ценотической адаптивной реакцией древесных растений (Маслаков, 1984). Относительно малые значения H/D у деревьев высших рангов указывают на пропорциональность их роста по высоте и диаметру и устойчивость положения в древостое.

Для оценки внутривидовой конкуренции и ее влияния на санитарное состояние насаждений в многорядных защитных полосах отдельно для каждого ряда посадки и для древостоя в целом определены показатели H/D (таблица 4.9). Наглядно дифференциация этого показателя по рядам на примере 13-рядной берёзовой полосы (ПП 1) показана на рисунке 4.8.

Таблица 4.9. - Относительные высоты деревьев Н/D по рядам посадки

№ ПП	Н/D древостоя, коэф.	Н/D по рядам посадки												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
		коэффициент Н см / D см												
1	95	75	83	119	98	107	106	99	99	115	112	87	87	82
12	87	79	101	117	109	79	93	86	97	102	87	90	82	60
20	103	78	93	100	126	110	102	111	114	109	110	112	115	94
19	93	74	91	106	120	106	102	108	92	91	75	–	–	–
18	98	70	98	113	108	92	115	102	99	114	99	–	–	–
17	94	87	104	96	101	103	100	88	93	80	–	–	–	–
2	75	67	74	77	83	75	80	85	63	–	–	–	–	–
22	77	70	79	85	84	81	71	–	–	–	–	–	–	–
11	54	62	65	64	55	41	–	–	–	–	–	–	–	–
16	83	79	98	98	80	70	–	–	–	–	–	–	–	–
24	80	66	83	85	100	78	–	–	–	–	–	–	–	–
14	74	73	90	86	56	–	–	–	–	–	–	–	–	–
23	72	68	84	80	62	–	–	–	–	–	–	–	–	–

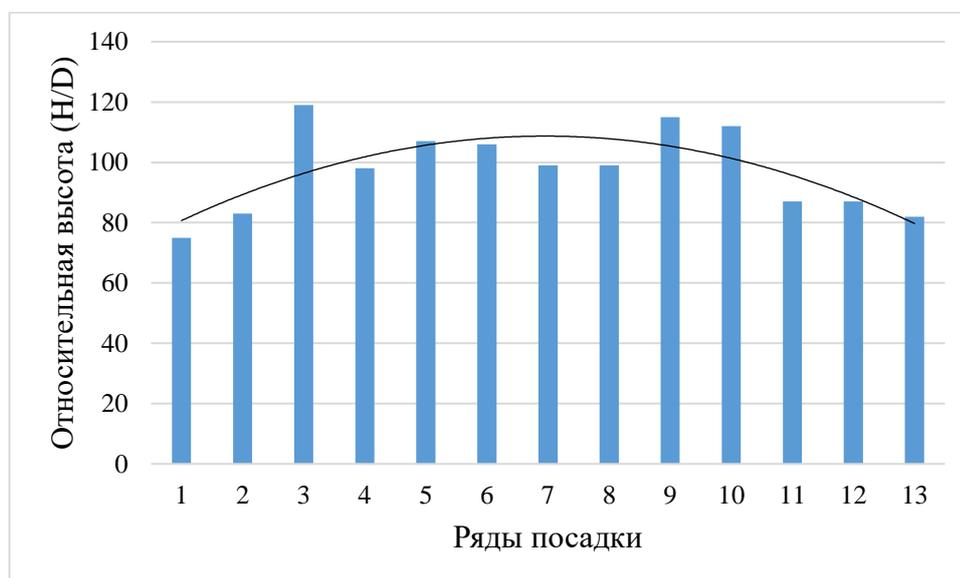


Рисунок 4.8. - Изменение показателя Н/D по рядам посадки (на примере ПП 1)

Из данных таблицы 4.9 видно, что наиболее высокой относительной высотой (103) характеризуется древостой берёзы на ПП 20, а наименьшей – вязовой на ПП 11 (54). Известно, что показатель Н/D менее 80 указывает на высокую устойчивость

деревьев, а пороговое значение между устойчивыми и неустойчивыми деревьями находится в интервале этого показателя от 90 до 100. Таким образом, к устойчивым можно отнести древостои на ПП 2, 11, 14, 16, 22, 23 и 24. К неустойчивым относятся древостои на ПП 20, а древостои ПП 1, 12, 17, 18 и 19 находятся в пограничной зоне.

Данные таблицы 4.9 и рисунка 4.8 свидетельствуют о наличии устойчивой тенденции повышения значений H/D в центральных посадочных рядах, в которых, безусловно, выше напряженность конкурентных взаимоотношений между деревьями. В некоторых рядах защитных полос относительная высота деревьев превышает пороговое значение, что свидетельствует о потере ими устойчивости.

При сравнении данных рисунков 4.7 и 4.8 обнаруживается достаточно высокая сопряженность между ними: за редким исключением ряды с худшими баллами санитарного состояния характеризуются и с худшими показателями относительной высоты (Здорнов, Нагимов, 2018). 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

Количественные и качественные показатели надземной фитомассы деревьев определяются множеством факторов (Нагимов, 2000). В этой связи при подобных исследованиях актуальной задачей является выявление технологичных таксационных показателей деревьев, объясняющих максимально возможную долю изменчивости тех или иных фракций фитомассы. С учетом простоты и точности определения в полевых условиях и степени корреляции с фитомассой, наиболее технологичными показателями являются диаметр и высота деревьев. Поэтому большинство исследователей при оценке фитомассы деревьев делают выбор в пользу этих показателей или на их комбинацию в виде D^2H . В данной работе основное внимание было уделено изучению зависимости массы фракций от

диаметра стволов. Это объясняется тем, что эти зависимости могут быть использованы для определения запасов фитомассы на единице площади на основе данных фактического распределения деревьев по ступеням диаметра.

Предварительный графический анализ экспериментального материала показал, что связи массы фракций от диаметра деревьев носят криволинейный характер. Причем на графиках поле рассеивания экспериментальных данных массы стволов значительно уже, чем массы крон (ветвей и листвы). Однако и зависимость массы крон от толщины деревьев носит вполне закономерный характер (Здорнов, Нагимов, 2019).

Нелинейность связей между показателями свидетельствуют об отсутствии однозначного выбора конкретного уравнения регрессии. Известно, что для выражения подобных зависимостей наиболее обоснованным является выбор аллометрической (степенной) функции, константы которой имеют определенное биологическое объяснение (Усольцев, 1985; Нагимов, 2000; Кузьмичев, 2013; Михайлова, 2017):

$$y = ax^b \quad (4.3)$$

Данная функция обеспечила наилучшие результаты и при описании исследованных нами зависимостей. Графический анализ экспериментальных материалов показал, что в средневозрастных насаждениях линии связи фракций надземной фитомассы с диаметром деревьев на ПП 9 и 10 не имеют значимых отклонений. Поэтому модельные деревья на этих ПП в дальнейшем были объединены в одну выборку. Аналогичный анализ экспериментальных материалов, собранных в припевающих древостоях, позволил сформировать две выборки модельных деревьев: отдельно для центральных и крайних рядов. Это объясняется тем, что в пределах ПП линии зависимости фракций надземной фитомассы от диаметра деревьев, построенные для центральных и крайних рядов, существенно различаются. В то же время различия между ПП при сравнении соответствующих данных по центральным и крайним рядам не существенны.

Статистические характеристики уравнений (4.3) для различных фракций надземной фитомассы, полученные по данным трех выборок модельных деревьев, приведены в таблице 4.10. Профили лесных полос ажурной (А, Б) и ажурно-плотной (В, Г) конструкции, в которых проводилась выборка модельных деревьев, представлены на рисунках 4.9-4.10.

Таблица 4.10 - Статистические характеристики уравнений вида $y = ax^b$ по оценке фитомассы деревьев берёзы в придорожных защитных полосах

Фракция фитомассы	Коэффициенты уравнения		Коэффициент детерминации (R^2)	Номер уравнения
	a	b		
Центральные ряды приспевающих древостоев				
Ствол	0,235	2,306	0,983	(1)
Крона	0,004	3,150	0,944	(2)
Листва	0,001	2,987	0,944	(3)
Крайние ряды приспевающих древостоев				
Ствол	0,142	2,404	0,984	(4)
Крона	0,047	2,433	0,958	(5)
Листва	0,009	2,416	0,956	(6)
Средневозрастные древостои				
Ствол	0,416	2,074	0,982	(7)
Крона	0,087	2,267	0,977	(8)
Листва	0,020	2,268	0,977	(9)

Значения коэффициентов детерминации в таблице 4.10 свидетельствуют, что на основе разработанных уравнений фитомасса стволов определяется точнее, чем фитомасса кроны и листвы. Это объясняется большей изменчивостью массы крон (листвы) и большими погрешностями в её определении при полевой обработке модельных деревьев. В целом табличные данные позволяют констатировать, что разработанные уравнения вполне адекватны и корректны экспериментальным материалам (Здорнов, Нагимов, 2019). Область использования их ограничивается диапазонами варьирования значений диаметров в древостоях пробных площадей (от 4 до 36 см в средневозрастных древостоях и от 8 до 40 см – в приспевающих).



А



Б

Рисунок 4.9. - Профиль лесной полосы ажурной (А, Б) конструкции (на примере ПП 1)



В



Г

Рисунок 4.10. - Профиль лесной полосы ажурно-плотной (В, Г) конструкции (на примере ПП 9)

На основе разработанных уравнений составлены таблицы, показывающие изменение различных фракций надземной фитомассы деревьев берёзы в зависимости от их диаметра в средневозрастных и приспевающих древостоях придорожных полос. Их данные дают наглядное представление о структуре надземной фитомассы деревьев и могут применяться при оценке мелиоративной роли исследуемых насаждений.

В таблице 4.11 представлены данные об изменении фитомассы стволов в насаждениях разного возраста в зависимости от диаметра деревьев берёзы и расположения их в лесной полосе, полученные в результате табулирования уравнений (1), (4) и (7).

Таблица 4.11. - Изменение фитомассы стволов деревьев берёзы в зависимости от их диаметра, возраста и расположения в лесной полосе

Диаметр, см	Фитомасса ствола (в числителе – кг; в знаменателе – % от надземной фитомассы)		
	27–летние древостои	57–летние древостои	
		центральные ряды	крайние ряды
4	$\frac{7,38}{78,5}$		
8	$\frac{31,06}{76,1}$	$\frac{28,48}{90,8}$	$\frac{20,99}{73,9}$
12	$\frac{71,99}{74,7}$	$\frac{72,54}{87,6}$	$\frac{55,63}{73,7}$
16	$\frac{130,72}{73,6}$	$\frac{140,83}{84,7}$	$\frac{111,07}{73,5}$
20	$\frac{207,64}{72,8}$	$\frac{235,6}{82,1}$	$\frac{189,9}{73,4}$
24	$\frac{303,03}{72,1}$	$\frac{358,72}{79,7}$	$\frac{294,34}{73,3}$
28	$\frac{417,15}{71,5}$	$\frac{511,84}{77,5}$	$\frac{426,34}{73,2}$
32	$\frac{550,23}{71,0}$	$\frac{696,41}{75,5}$	$\frac{587,69}{73,1}$
36	$\frac{702,44}{70,5}$	$\frac{913,74}{73,6}$	$\frac{780,01}{73,0}$
40			$\frac{1004,8}{73,0}$

Анализ данных, приведенных в таблице 4.11 позволяет отметить следующее. Для исследуемых древостоев характерна довольно высокая дифференциация

фитомассы стволов. Наибольшее и наименьшее значения этого показателя в средневозрастных древостоях различаются в 95 раз, в крайних рядах приспевающих древостоев в 48 раз, а в центральных рядах – в 32 раза. Наблюдается тенденция повышения фитомассы стволов у деревьев одинакового диаметра с повышением возраста. Наиболее отчетливо она проявляется при сопоставлении фитомассы стволов в крупномерных ступенях толщины. При одинаковом возрасте (57 лет) фитомасса стволов в центральных рядах существенно выше, чем в крайних (в 1,2 – 1,4 раза). Указанные факты объясняются различиями по высоте, полндревесности стволов и плотности древесины деревьев одинакового диаметра, отличающихся возрастом и эколого-ценотическими условиями произрастания. В частности, деревья одинаковой толщины в однородных условиях местопроизрастания в старшем возрасте являются более угнетенными, поэтому имеют более плотную древесину и большую полндревесность стволов (Филиппов, 2005). Деревья одинакового диаметра в крайних рядах лесных полос по сравнению с центральными вследствие опушечного (краевого) эффекта (Титов, 1978) отличаются более низкими значениями высоты и видовых чисел, поэтому имеют существенно меньшую фитомассу стволов. Следует отметить, что изменения фитомассы стволов деревьев одинаковой толщины с увеличением их возраста в защитных полосах имеют такую же направленность, что и в естественных насаждениях (Луганский, Нагимов, 1994; Нагимов, 2000).

На исследуемых объектах удельный вес фитомассы стволов в общей надземной фитомассе варьирует в пределах от 70,5 до 90,8%. Он при прочих равных условиях уменьшается с увеличением диаметра и возраста деревьев. У деревьев одинакового возраста и диаметра доля фитомассы стволов выше в центральных рядах лесных полос по сравнению с крайними (Здорнов, Нагимов, 2019).

Результаты исследований позволили выявить закономерное изменение фитомассы крон (листвы) деревьев берёзы в зависимости от их диаметра, возраста и расположения в лесных полосах (таблица 4.12).

Данные таблицы 4.12 свидетельствуют, что изменение фитомассы крон наиболее выражено в зависимости от диаметра стволов. Причем деревья по массе крон дифференцированы значительно выше, чем по массе стволов. Так, наименьшие и наибольшие значения фитомассы крон в средневозрастных насаждениях различаются более чем в 147 раз, в центральных рядах приспевающих древостоев - в 113 раз, а в крайних рядах – в 50 раз. Таким образом, дифференцированность деревьев берёзы в лесных полосах по массе крон уменьшается с увеличением возраста и при переходе от центральных рядов к крайним.

Таблица 4.12. - Изменение фитомассы крон деревьев берёзы в зависимости от их диаметра, возраста и расположения в лесной полосе

Диаметр, см	Фитомасса кроны, кг					
	27–летние древостои		57–летние древостои			
	кроны	в том числе листвы	центральные ряды		крайние ряды	
			кроны	в том числе листвы	кроны	в том числе листвы
4	2,0	0,5				
8	9,7	2,3	2,9	0,7	7,4	1,4
12	24,4	5,7	10,3	2,3	19,9	3,6
16	46,8	10,9	25,5	5,5	40,0	7,2
20	77,6	18,1	51,5	10,8	68,9	12,4
24	117,3	27,4	91,4	18,6	107,3	19,3
28	166,4	38,9	148,6	29,5	156,2	27,9
32	225,2	52,6	226,3	43,9	216,1	38,6
36	294,2	68,8	328,3	62,4	287,9	51,3
40					372,0	66,1

С увеличением возраста для одних и тех же ступеней толщины характерно присущее естественным древостоям закономерное уменьшение фитомассы крон (листвы). Это известная закономерность объясняется уменьшением ранга деревьев одинаковой толщины с увеличением возраста древостоев (Нагимов, 2000).

Опушечный эффект обуславливает более интенсивный рост крон деревьев в крайних рядах защитных полос. В этих рядах деревья одинакового диаметра отличаются более высокими значениями фитомассы крон. Отклонения от этой закономерности в крупномерных ступенях толщины, видимо, объясняются особенностями выборки модельных деревьев. Влияние опушечного эффекта сказывается и на формирование фитомассы листвы, но в меньшей степени.

Доля фитомассы крон в общей надземной фитомассе деревьев в исследуемых древостоях колеблется от 9,2 до 29,5%. Она закономерно повышается с увеличением диаметра деревьев. У деревьев одинакового диаметра и возраста этот показатель существенно выше в крайних рядах защитных полос по сравнению с центральными.

Масса листвы в общей фитомассе крон у деревьев различного диаметра и возраста, отличающихся эколого-ценотическими условиями произрастания, колеблется в достаточно узком диапазоне от 17,8 до 24,3%. Доля листвы в фитомассе крон закономерно уменьшается с увеличением диаметра и возраста деревьев. При прочих равных условиях этот показатель выше в центральных рядах защитных полос, чем в крайних.

Представленные в таблице 4.12. материалы свидетельствуют, что при фиксированных диаметрах стволов различия между деревьями центральных и крайних рядов по общей фитомассе крон заметно выше, чем по фитомассе листвы. Следовательно, опушечный эффект оказывает значительно большее влияние на формирование общей фитомассы крон (ветвей и листвы), чем на фитомассу листвы (Здорнов, Нагимов, 2019).

4.7. Фитомасса древостоев берёзы в придорожных защитных лесных полосах

Графо-аналитический анализ экспериментальных материалов показал, что в средневозрастных насаждениях (ПП 9 и 10) линии, характеризующие зависимость фракций надземной фитомассы деревьев от их диаметра, практически совпадают

(Здорнов, Нагимов, 2019). Поэтому модельные деревья на этих ПП при определении запасов фитомассы были объединены в одну выборку. В приспевающих насаждениях (ПП 1 и 12) модельные деревья одинаковой толщины из крайних и центральных рядов резко отличаются как по абсолютной величине надземной фитомассы, так и по ее структуре. Деревья в крайних рядах по сравнению с центральными отличаются более низкими значениями массы стволов и более высокими показателями массы крон. Такое положение является проявлением краевого (опушечного) эффекта (Павловский, 1976; Танюкевич, 2013; Здорнов, Нагимов, 2019). При сравнении линий зависимостей фракций фитомассы деревьев от их диаметра, построенных отдельно для крайних и центральных рядов, заметных различий между пробными площадями 1 и 12 не обнаруживается. В этой связи для получения более надежных результатов по этим двум пробным площадям модельные деревья из крайних рядов были объединены в одну выборку, а из центральных – в другую.

Запасы фракций надземной фитомассы на 1 га, определенные по формуле (3.6), приведены в таблице 4.13. Причем, запасы на ПП 1 и 12 вычислялись дифференцированно как сумма запасов крайних (1 и 13) и центральных рядов.

Таблица 4.13. - Запасы фракций надземной фитомассы древостоев берёзы на 1 га в исследуемых придорожных полосах

№ ПП	Фитомасса в абсолютно сухом состоянии, т/га					
	общая фитомасса	стволов			крон	
		всего	в том числе		всего	в том числе
			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

В исследуемых лесных полосах общая надземная фитомасса древостоев в абсолютно сухом состоянии колеблется от 65,09 т/га (на ПП 10) до 309,7 т/га (на ПП 1). Достаточно значительная амплитуда изменения фитомассы может

объясняться варьированием густоты древостоев и их возрастом. В зависимости от этих факторов наблюдается закономерное изменение как абсолютных значений надземной фитомассы, а, следовательно, и их структурных частей, так и соотношений последних между собой (Здорнов, Нагимов, 2020а).

Известно, что закономерности изменения запасов стволов по массе в зависимости от различных факторов практически аналогичны закономерностям изменения запасов стволов по объему (Нагимов, 2000). Фитомасса стволов закономерно повышается с увеличением возраста древостоев. Так, при густоте от 1707 до 2202 шт/га запас фитомассы в 57-летнем древостое (ПП 1) в 4,5 раза больше, чем в 27-летнем (ПП 9). При одинаковом возрасте этот показатель возрастает с улучшением условий местопроизрастания. В частности, на ПП 1, характеризующимся II классом бонитета, фитомасса стволов 1,4 раза больше, чем на ПП 12, древостой которой растет по III классу. При прочих равных условиях запасы фитомассы стволов выше в древостоях с большей густотой.

Значительный интерес представляет анализ особенностей формирования в исследуемых придорожных лесных полосах фитомассы крон и их структурных элементов. Знание их может служить теоретической основой при изучении различных режимов и процессов выращивания насаждений, выявлении их оптимальных состояний, решении различных экологических вопросов и т.д. В древостоях накопление фитомассы крон (фракций живых ветвей и листвы) определяется не только приростом фитомассы на живых деревьях и отпадом отмерших особей, но и отпадом и формированием листвы и ветвей в кронах растущих деревьев (Здорнов, Нагимов, 2020а).

Полученные нами материалы свидетельствуют, что в исследуемых полосах запасы абсолютно-сухой фитомассы крон колеблются от 17,89 до 52,8, а листвы от 3,2 до 9,9 т/га. В приспевающих насаждениях они значительно выше, чем в средневозрастных. Такие показатели вполне корректны и аналогичны изменениям в естественных древостоях. С возрастом запасы ассимиляционного аппарата увеличиваются и, достигнув максимума, постепенно снижаются или остаются на одном уровне (Нагимов, 2000).

В структуре надземной фитомассы изучаемых лесных полос, как и естественных древостоев, преобладают органы, длительно аккумулирующие органическое вещество - стволы и ветви. Чем больше возраст органа дерева, тем больше его доля в общей фитомассе. Так, стволы в коре концентрируют от 72,5 до 83,0% массы, ветви – от 13,8 до 22,6%, а листва - только от 3,2 до 4,9%. Приспевающие древостои по сравнению с средневозрастными отличаются существенно низкой долей крон в общей надземной фитомассе. В целом, возрастные изменения в соотношениях структурных частей надземной фитомассы древостоев в придорожных полосах аналогичны изменениям в естественных древостоях (Нагимов, 2000).

До настоящего времени мелиоративную роль лесных полос было принято связывать с их конструкцией (плотная, ажурная и продуваемая). В то же время доказано, что лесные полосы визуальной одинаковой конструкции могут характеризоваться различной ветропроницаемостью и, как следствие, резко отличаться степенью мелиоративного влияния. В этой связи следует отметить работы, в которых мелиоративное значение полос справедливо связывается с их надземной фитомассой (Долгилевич и др., 1982; Ивонин, Танюкевич, 2011; Танюкевич, 2011, 2013). В частности, В.В. Танюкевич (2013) отмечает, что увеличение фитомассы, связанное с использованием и аккумуляцией солнечной энергии, приводит к формированию лесной полосы как физического объекта с определенной плотностью органического вещества. Поэтому степень мелиоративного воздействия полос на прилегающие ландшафты более объективно оценивается по плотности надземной фитомассы лесных полос и количеству аккумуляции в ней солнечной энергии. Причем, лесная полоса ежегодно наращивая свою фитомассу, увеличивает мелиоративное влияние на прилегающие территории и агроландшафты. Она выступает как биологическая подсистема, которая стремится достигнуть максимальных показателей фитомассы к определенному возрасту насаждения (Танюкевич, 2011).

Показатели плотности надземной фитомассы и количества аккумулированной в ней солнечной энергии на исследуемых объектах представлены в таблице 4.14.

Таблица 4.14. - Надземная фитомасса, её плотность и количество аккумулированной солнечной энергии в исследуемых придорожных полосах

№ ПП	Общая надземная фитомасса, т/га		Плотность надземной фитомассы, кг/м ³		Количество аккумулированной энергии, МДж/м ³
	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

Как видно из данных таблицы 4.14, плотность надземной фитомассы в исследуемых лесных полосах варьирует в достаточно широких пределах: от 0,677 до 2,656 кг/м³ в свежем состоянии и от 0,404 до 1,539 кг/м³ - в абсолютно сухом. Наблюдается тенденция повышения данного показателя с увеличением возраста насаждений. Так, в средневозрастных насаждениях плотность абсолютно сухой фитомассы в среднем составляет 0,449 кг/м³, а в приспевающих – 1,421.

Количество аккумулированной солнечной энергии в фитомассе, содержащейся в единице объема надземной части лесных полос, колеблется в пределах от 6,71 до 25,55 МДж/м³. Этот показатель находится в прямой зависимости от абсолютной величины надземной фитомассы и от её плотности. Поэтому его возрастные изменения аналогичны отмеченным выше изменениям плотности фитомассы.

Полученные нами материалы по аккумулированию солнечной энергии в фитомассе исследуемых лесных полос не противоречат литературным данным (Танюкевич, 2013).

Таким образом, если основываться на материалах исследований В.В. Танюкевича, то можно предположить, что в зоне мелиоративного влияния исследуемых придорожных лесных полос с различной плотностью надземной фитомассы и количеством аккумулированной солнечной энергии должен формироваться разный ветровой режим (Здорнов, Нагимов, 2020а).

Выводы

1. В исследуемых защитных полосах при одинаковом (примерно одинаковом) возрасте древостои разных пород характеризуются различными таксационными показателями. Наиболее высокие таксационные показатели (средние значения диаметра и высоты и запас) характерны древостоям из тополя бальзамического. На втором месте по величине указанных таксационных показателей находятся древостои берёзы повислой. Далее по убыванию этих показателей располагаются древостои сосны обыкновенной, клёна ясенелистного и вяза обыкновенного.

2. Таксационные показатели древостоев в защитных полосах, как и в естественных сомкнутых насаждениях, в значительной степени связаны с их густотой произрастания. В частности, с увеличением густоты наблюдается закономерное снижение средних значений диаметра и высоты.

3. В исследуемых защитных полосах по увеличению степени изменчивости таксационные показатели стволов и крон можно расположить в следующий ряд: высота деревьев, протяженность крон, диаметр крон, диаметр стволов, площадь поверхности крон и объем крон. При прочих равных условиях наименьшей изменчивостью указанных показателей характеризуются защитные полосы тополя и сосновая полоса, а наибольшей – вяза. Берёзовые защитные полосы и клёновая полоса по степени изменчивости таксационных показателей стволов и крон занимают промежуточное положение. В защитных полосах, как и в естественных древостоях, с увеличением возраста деревьев их дифференциация по размерам стволов и крон закономерно уменьшается.

4. Дифференциация деревьев по таксационным показателям стволов и крон в

придорожных защитных полосах выражена в меньшей степени, чем в естественных насаждениях. Этот факт является косвенным показателем их меньшей стабильности и устойчивости. Отличительные особенности дифференциации деревьев в придорожных полосах, на наш взгляд, объясняются, во-первых, с использованием при создании полос одновозрастного, достаточно однородного в генетическом отношении посадочного материала, а во-вторых - условиями произрастания деревьев вблизи дорог. Условия произрастания, с одной стороны характеризуются отсутствием значимых взаимоотношений между деревьями, а с другой – влиянием техногенных нагрузок, заметно ухудшающих качество среды. При ухудшении качества среды биологический потенциал роста деревьев реализуется в меньшей степени. Указанные факторы, безусловно, при прочих равных условиях, укорачивают диапазон варьирования показателей.

В целом результаты данных исследований дают основание считать защитные полосы вдоль дорог специфическим объектом таксации.

5. 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, в насаждениях младшего возраста, чем в насаждениях старшего.

6. В многорядных полосах на состояние деревьев оказывает влияние их размещение и густота стояния. 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 баллов санитарного состояния деревьев с их относительными высотами.

7. 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.

8. Общая надземная фитомасса, в том числе фитомасса стволов в защитных полосах берёзы закономерно увеличивается с повышением их возраста и густоты. В структуре надземной фитомассы изучаемых лесных полос, как и естественных древостоев, преобладают органы, длительно аккумулирующие органическое вещество - стволы и ветви. Приспевающие древостои по сравнению с средневозрастными отличаются существенно низкой долей крон в общей надземной фитомассе и низкой долей листвы в фитомассе крон. В целом, возрастные изменения в соотношениях структурных частей надземной фитомассы древостоев в придорожных полосах аналогичны изменениям в естественных древостоях.

9. Плотность надземной фитомассы древостоев в исследуемых полосах изменяется в широких пределах (от 0,677 до 2,656 кг/м³ в свежем состоянии и от 0,404 до 1,539 кг/м³ – в абсолютно сухом). Плотность надземной фитомассы и количество аккумулированной в ней солнечной энергии на исследуемых объектах повышаются с увеличением возраста насаждений. Эти показатели, безусловно, будут оказывать влияние на ветровой режим вблизи полос.

ГЛАВА 5. ВЛИЯНИЕ ПРИДОРОЖНЫХ ЗАЩИТНЫХ ЛЕСНЫХ ПОЛОС НА ВЕТРОВОЙ РЕЖИМ И СНЕГОНАКОПЛЕНИЕ

5.1. Снижение скорости ветра под влиянием придорожных защитных лесных полос

Изучение ветрового режима под влиянием полос в пределах полосы отвода автомобильных дорог даст представление о влиянии на ветер, его скорость и кинетическую энергию полос тех или иных конструкций, которые являются механическим препятствием на пути ветрового потока и изменяют его турбулентную структуру. Характер и степень этих изменений будут зависеть от проницаемости защитных полос, особенностей ветрового потока, его направления относительно лесной полосы и скорости ветра (Здорнов, Нагимов, 2020б).

В Казахстане было создано много лесных полос различного породного состава и конструкций. В настоящее время многие сохранившиеся защитные лесные полосы, из-за длительного отсутствия уходов за ними сильно загущены и имеют плотную (непродаваемую) конструкцию, что главным образом отражается на их ветрозащитной функции и состоянии. В настоящее время стоит задача изучить защитные и мелиоративные особенности придорожных полос различного породного состава и путем периодических рубок и реконструкции придать нужную конструкцию, соответствующую их основной функции.

На всех исследуемых пробных площадях замеры скорости ветра по профилю проводились с выходом на дорожное полотно, а в некоторых случаях и с пересечением автодороги. В этом случае расстояние кратное высотам полос в сторону автодороги (и её пересечения по заложенному профилю) было от 1 до 10Н. В зависимости от направления ветра в конкретный период наблюдений заветренная и наветренная стороны менялись, но точки замеров всегда оставались неизменны (за исключением зимнего периода на ПП 10).

В соответствии с методикой исследований для подтверждения достоверности различий скоростей ветрового потока на контроле (V_k) и под влиянием полос (V_i),

в рассматриваемых пределах от полосы до автодороги и в сторону открытого поля, был рассчитан t-критерий Стьюдента, а также стандартное отклонение (σ) скорости ветрового потока на контроле. Достоверность опыта подтверждается на 5%-ном уровне значимости ($t_{\text{фактич.}} > t_{0,05}$).

В таблице 5.1 приведена информация об определении скорости ветрового потока на контрольных для ПП участках в разные времена года. Выявляется, что в исследуемом районе на открытых пространствах скорость ветра изменяется от 3 до 8 м/с. Она в весенний и зимний периоды заметно выше, чем в летний. Таким образом, изменение ветрового режима в исследуемом районе соответствует общей тенденции, свойственной для Северного Казахстана.

Таблица 5.1 - Скорость ветрового потока на контрольных участках (открытое поле)

Номера пробных площадей, на которых проводились замеры	Период наблюдений	Средняя скорость ветрового потока (V_k) в момент измерений, м/с
1, 2, 3, 4, 5, 12, 13, 14	Весна	6
6, 7, 8, 9, 10, 11, 15		7
1, 3, 4, 5, 12, 13, 14	Лето	3
2, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 15		5
1, 3, 4, 5, 12, 13, 14	Зима	4
2, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 15		8

Изменение скорости ветрового потока в зависимости от периода исследований под влиянием защитных лесных полосах различных конструкций графически представлено на рисунках 5.1. – 5.9.

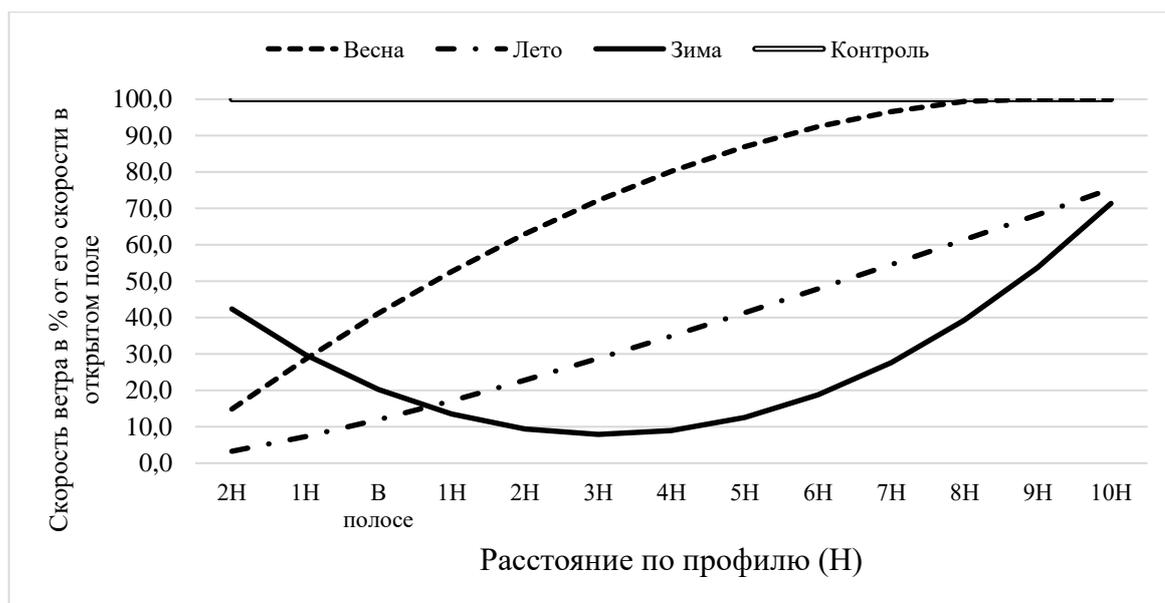


Рисунок 5.1. – Изменение скорости ветра под влиянием 8-рядной тополевой полосы ажурно-продуваемой конструкции, ПП 2 (при направлении ветра к полосе: весна – 37° ; лето – 37° ; зима – ЮЗ 52°)

По данным рисунка 5.1., эффективное снижение скорости ветра (более 10%) в рассматриваемых пределах от полосы с выходом на дорожное полотно (на удалении 2Н) и от полосы в сторону открытого поля (на удалении 10Н) наблюдается на следующих расстояниях от насаждения:

- в весенний период – 5Н с наветренной, и 2Н с заветренной;
- в летний период – 10Н с заветренной и 2Н с наветренной;
- в зимний период – 2Н с наветренной и 10Н с заветренной стороны.

Более существенное влияние данная полоса оказывает в зимний период на расстоянии кратном 10Н с заветренной стороны. Ветер проходя через полосу существенно снижает свою скорость, и на расстоянии 3Н имеет минимальную скорость (7,9% от скорости на контроле), далее скорость ветра нарастает весьма плавно, и на удалении 10Н снижение составляет 28,6%. Проходя через полосу, в летний период ветровой поток с заветренной стороны плавно нарастает и на удалении 10Н имеет скорость 76,3% от скорости на контроле. В весенний период, при подходе ветра под углом 7° по сравнению с другими периодами наблюдается

минимальное ветрозащитное действие. Различие скорости ветра с наветренной стороны на удалении 6-7Н является не существенным.

Снижение скорости ветра в зоне эффективной «ветровой тени» в среднем составило у рассматриваемой полосы в зимний период – 72,6%; в летний период – 63,5%; в весенний период – 45,1%.

Дальность защитно-мелиоративного влияния полосы в зимний и летний период с заветренной стороны соответствует продуваемой конструкции.

Достоверность различий в скоростях ветрового потока в открытом поле (V_k) и под влиянием защитной полосы на соответствующих высотах (V_i) подтверждается с вероятностью 95%. Вычисленные значения t-критерия Стьюдента по периодам наблюдений следующие: (весна: $t_{\text{фактич.}} = 4,06 > t_{0,05} = 2,09$; лето: $t_{\text{фактич.}} = 6,54 > t_{0,05} = 2,06$; зима: $t_{\text{фактич.}} = 13,74 > t_{0,05} = 2,06$).

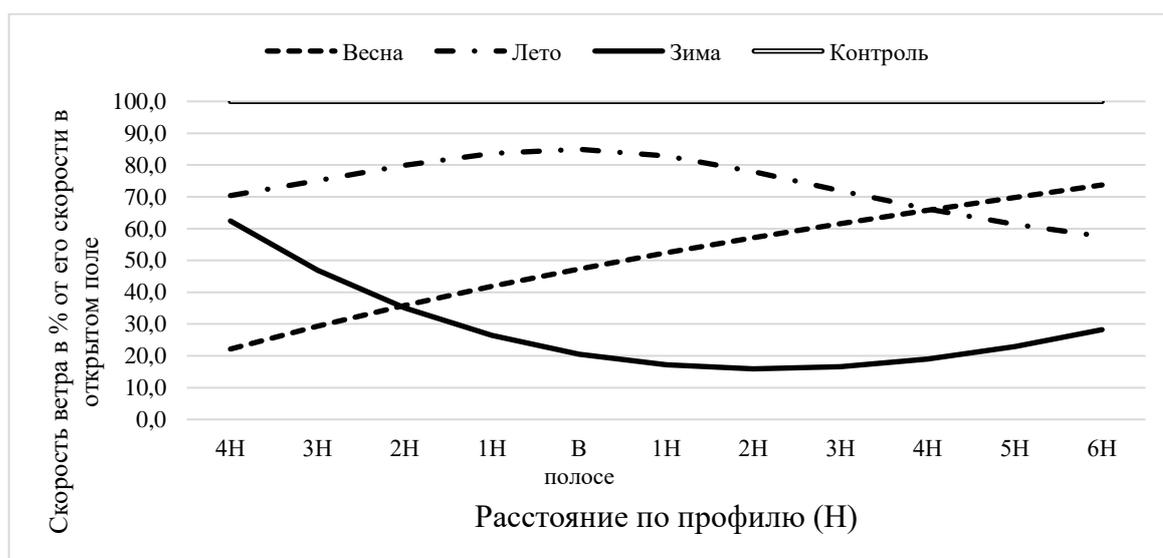


Рисунок 5.2. – Изменение скорости ветра под влиянием 2-х рядной тополевой полосы ажурнойверху-плотнойвнизу конструкции, ПП 4 (при направлении ветра к полосе: весна – З 20°; лето – ЮЗ 25°; зима – ЮЗ 25°)

На представленном графике видно (рисунок 5.2.), что эффективное снижение скорости ветра в рассматриваемых пределах от полосы с пересечением автодороги

(на удалении 4Н) и от полосы в сторону открытого поля (на удалении 6Н) наблюдается на следующих расстояниях от насаждения:

в весенний период – 6Н с наветренной, и 4Н с заветренной;

в летний период – 6Н с заветренной и 4Н с наветренной;

в зимний период – 4Н с наветренной и 6Н с заветренной стороны.

Более существенное влияние данная полоса оказывает в зимний период на расстоянии кратном 6Н с заветренной стороны. Ветер при подходе к полосе с наветренной стороны начинает плавно снижать свою скорость, и на расстоянии 2Н на заветренной стороне имеет минимальную скорость (15,9% от скорости на контроле), с дальнейшим удалением от полосы скорость ветра изменяется незначительно.

При подходе ветрового потока с наветренной стороны поля в весенний период, ветер начинает постепенно снижать свою первоначальную скорость, и на отметке 1Н перед полосой соответствует 52,4% от скорости на контроле. Далее, преодолев защитную полосу, ветровой поток снижает свою скорость до минимума (22,2%) на отметке 4Н.

В летний период, по сравнению с остальными, полоса в меньшей степени снижает скорость ветра. Ветровой поток при подходе к полосе плавно нарастает, и достигает максимума непосредственно в полосе (85,0% от скорости на контроле), при этом с наветренной стороны средняя скорость ветра была снижена на 22,8%. Преодолев защитную полосу, с заветренной стороны ветровой поток продолжает свое снижение до удаления кратного 6Н и в этой точке достигает своего минимального значения – 57,5% от скорости на контроле.

Снижение скорости ветра в зоне эффективной «ветровой тени» в среднем составило у рассматриваемой полосы в зимний период – 71,7%; в летний период – 26,2%; в весенний период – 49,3%.

Вероятно, что в весенний и зимний период данная полоса «работает» как продуваемая, при этом визуально имеет в нижней части плотную конструкцию из-за подлеска в виде акации жёлтой. Заслуживает внимание тот факт, что угол

подхода ветра к полосе во всех трех вариантах был менее 35° , что вероятно отразилось на ветроломной функции данной полосы.

Достоверность различий в скоростях ветрового потока под влиянием защитной полосы и на контроле подтверждается с вероятностью 95%. Вычисленные значения t-критерия Стьюдента по периодам наблюдений следующие: (весна: $t_{\text{фактич.}} = 10,72 > t_{0,05} = 2,09$; лето: $t_{\text{фактич.}} = 2,84 > t_{0,05} = 2,09$; зима: $t_{\text{фактич.}} = 14,18 > t_{0,05} = 2,09$).

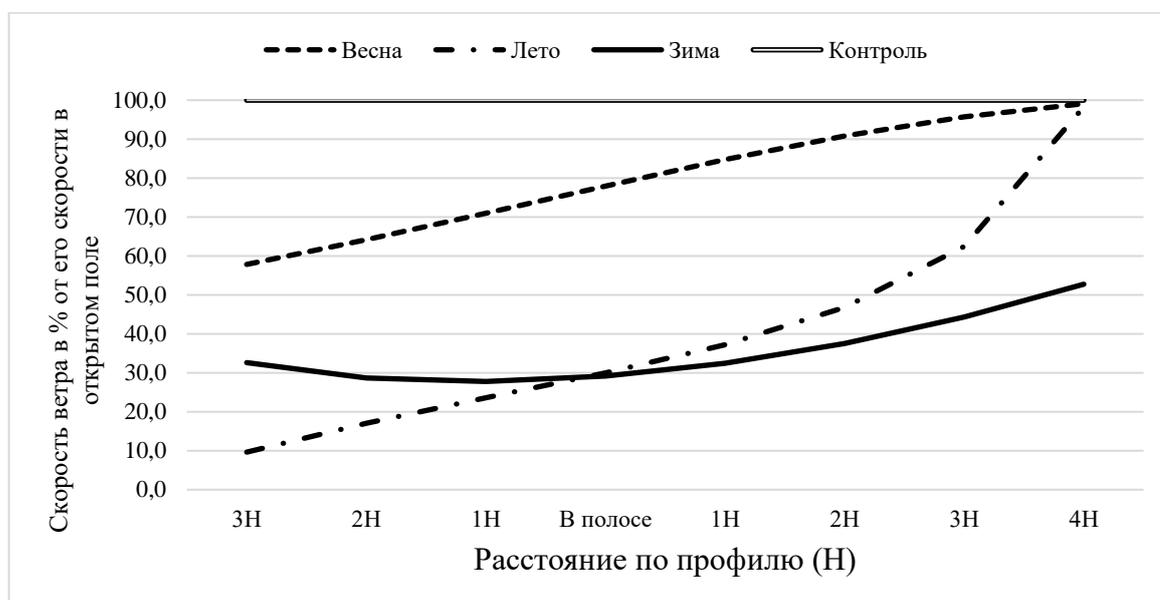


Рисунок 5.3. – Изменение скорости ветра под влиянием 2-х рядной тополевой полосы ажурной конструкции, ПП 6 (при направлении ветра к полосе: весна – $3 90^\circ$; лето – $3 90^\circ$; зима - ЮЗ 45°)

Анализируя изменения скорости ветрового потока под влиянием полосы ажурной конструкции (рисунок 5.3.) следует отметить, что эффективное снижение скорости ветра в рассматриваемых пределах от полосы с пересечением автодороги (на удалении 3Н) и от полосы в сторону открытого поля (на удалении 4Н) наблюдается на следующих расстояниях от насаждения:

в весенний период – 1Н с наветренной (по рисунку справа от полосы), и 3Н с заветренной;

в летний период – 3Н с заветренной и 4Н с наветренной (по рисунку справа от полосы);

в зимний период – 4Н с наветренной и 3Н с заветренной стороны.

Более существенное влияние на скорость ветра по сравнению с другими сезонами данная полоса оказывает в зимний период на расстоянии кратном 4Н с наветренной стороны и 3Н с заветренной. Ветер на подходе к полосе с наветренной стороны плавно снижает свою скорость, после прохождения полосы минимальное значение скорости ветра на заветренной стороне наблюдается на расстоянии кратном 1Н, далее скорость плавно начинает увеличиваться. При этом следует отметить тот факт, что угол подхода ветра к полосе в зимний период существенно отличался от других сезонов, и был равен 45° , что в свою очередь не особо сказалось на дальности мелиоративного влияния с наветренной стороны.

В летний период ветровой поток при подходе с наветренной стороны резко начал снижать свою скорость на удалении 3Н от полосы, далее ветровой поток продолжил свое уже плавное снижение и пройдя через полосу достиг минимальной скорости (9,6% от контроля) на удалении 3Н с заветренной стороны.

Весной, аналогично летнему периоду, с наветренной стороны происходит снижение скорости ветрового потока, но в абсолютном выражении не столь существенное и более плавное при подходе ветра к полосе на удалении 3Н. Преодолев полосу, ветровой поток снизил свою первоначальную скорость на удалении 3Н на заветренной стороне до 57,8% по сравнению с контролем.

Снижение скорости ветра в зоне эффективной «ветровой тени» в среднем составило у рассматриваемой полосы в зимний период – 64,3%; в летний период – 67,6%; в весенний период – 28,9%.

Достоверность различий в скоростях ветрового потока под влиянием защитной полосы и на контроле подтверждается с вероятностью 95%. Вычисленные значения t-критерия Стьюдента по периодам наблюдений следующие: (весна: $t_{\text{фактич.}} = 3,90 > t_{0,05} = 2,14$; лето: $t_{\text{фактич.}} = 6,02 > t_{0,05} = 2,14$; зима: $t_{\text{фактич.}} = 13,88 > t_{0,05} = 2,14$).

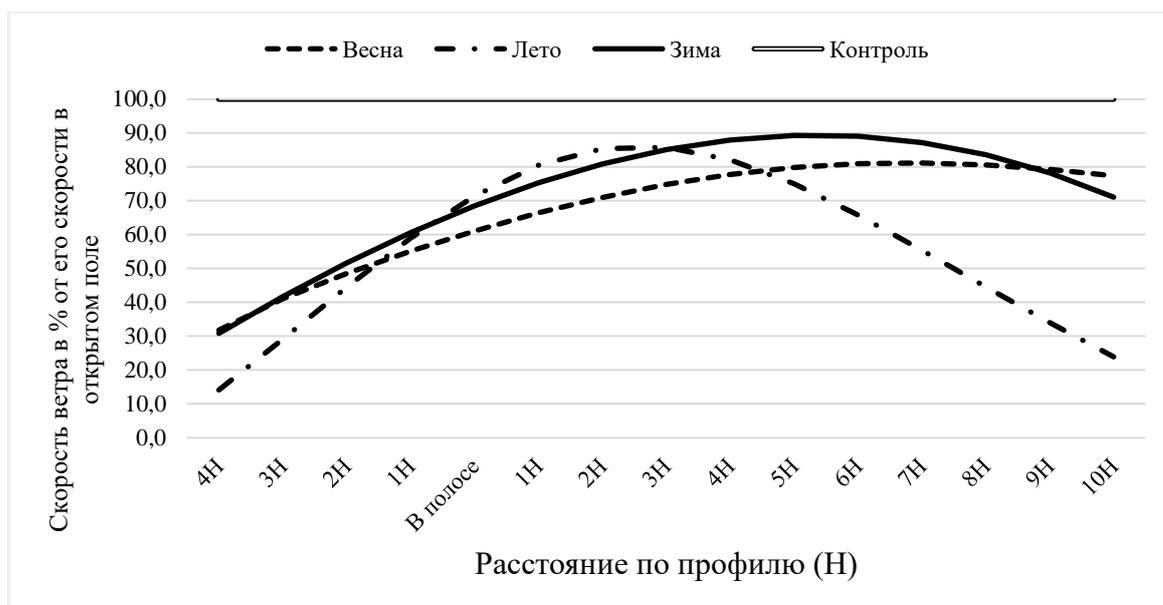


Рисунок 5.4. – Изменение скорости ветра под влиянием однорядной тополевой полосы ажурной конструкции, ПП 8 (при направлении ветра к полосе: весна – З 90°; лето – З 90°; зима – ЮЗ 45°)

По данным рисунка 5.4., эффективное снижение скорости ветра в рассматриваемых пределах от полосы с пересечением автодороги (на удалении 4Н) и от полосы в сторону открытого поля (на удалении 10Н) наблюдается на следующих расстояниях от насаждения:

- в весенний период – 10Н с наветренной, и 4Н с заветренной;
- в летний период – 10Н с наветренной и 4Н с заветренной;
- в зимний период – 10Н с наветренной и 4Н с заветренной стороны.

Как следует из приведенных на графике данных, изменение скорости ветрового потока в весенний и зимний период начинает проявляться на удалении кратном 5-6Н с наветренной стороны. Так, при подходе ветрового потока к полосе на удалении 1Н, скорость ветра была снижена на 33,6% в весенний период и 24,7% - в зимний. Далее, проходя через полосу, ветер продолжает снижать свою первоначальную скорость и на удалении 4Н с заветренной стороны достигает в обоих случаях минимально значения – 30,8% от скорости на контроле.

В летний период данная полоса более эффективно проявляет свою ветроослабляющую функцию на заветренной стороне, хотя снижение ветра с наветренной стороны не совсем согласуется с конструкцией полосы. Вероятнее всего, это объясняется тем, что ветровой поток в открытом поле был снижен (деформирован) лесным колком, произрастающим на некотором удалении в открытом поле, далее при приближении ветрового потока к полосе, он начал восстанавливать свою первоначальную скорость, но на подходе к очередной преграде, в нашем случае – ветрозащитной полосе, на удалении кратном 1Н он делится на две части, одна проходит через низ полосы, а вторая его часть переваливает через насаждение и частично проходит в кронах. Скорость ветра при этом достигает на заветренной стороне на удалении 4Н своего минимума и соответствует 14,1% от скорости на контроле.

По мелиоративному влиянию данная полоса с заветренной стороны более соответствует продуваемой конструкции.

Снижение скорости ветра в зоне эффективной «ветровой тени» в среднем составило у рассматриваемой полосы в зимний период – 27,9%; в летний период – 43,3%; в весенний период – 32,9%.

Достоверность различий в скоростях ветрового потока под влиянием защитной полосы и на контроле подтверждается с вероятностью 95%. Вычисленные значения t-критерия Стьюдента по периодам наблюдений следующие: (весна: $t_{\text{фактич.}} = 8,34 > t_{0,05} = 2,05$; лето: $t_{\text{фактич.}} = 6,30 > t_{0,05} = 2,05$; зима: $t_{\text{фактич.}} = 6,55 > t_{0,05} = 2,05$).

Полученные данные (рисунок 5.5.) свидетельствуют, что эффективное снижение ветрового потока в рассматриваемых расстояниях от насаждения с пересечением автодороги (на удалении 4Н) и от насаждения в сторону открытого поля (на удалении 10Н) у полосы данной конструкции наблюдается:

- в весенний период – 10Н с наветренной, и 4Н с заветренной;
- в летний период – 7Н с наветренной и 4Н с заветренной;
- в зимний период – 10Н с наветренной и 4Н с заветренной стороны.

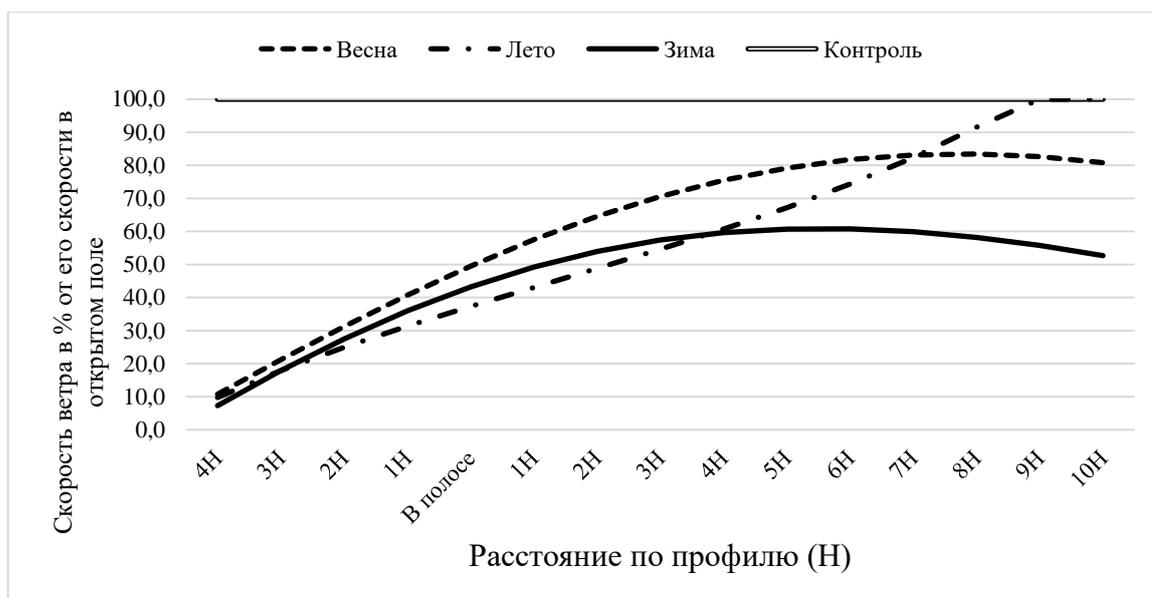


Рисунок 5.5. – Изменение скорости ветра под влиянием берёзовой полосы ажурно-плотной конструкции, ПП 9 (при направлении ветра к полосе: весна – З 85°; лето – З 85°; зима - ЮЗ 40°)

Примечание: 2 крайних ряда состоят из яблони лесной (*Malus sylvestris* L.), в центре полосы ряды не просматриваются

Более существенное влияние на скорость ветра данная полоса оказывает в зимний период на расстоянии кратном 10Н с наветренной стороны. Ветровой поток на удалении кратном 3Н с наветренной стороны начинает плавно снижать свою скорость, и преодолев полосу, снижает скорость на заветренной стороне в среднем была снижена в 1,8 раза по сравнению с зоной мелиоративного влияния на наветренной стороне.

Практически идентично зимнему периоду, рассматриваемая полоса влияет на ветровой поток с заветренной стороны (в полосе отвода автодороги) в весенний период, разница наблюдается лишь под влиянием полосы с наветренной стороны с расстояния, кратного 1Н в сторону поля.

Проходя через полосу в летний период ветровой поток с наветренной стороны резко начинает снижать свою скорость на удалении 9Н. Далее на подходе к полосе на удалении кратном 4Н скорость ветрового потока изменяется практически идентично летнему и весеннему периодам.

Снижение скорости ветра в зоне эффективной «ветровой тени» в среднем составило у рассматриваемой полосы в зимний период – 53,3%; в летний период – 54,0%; в весенний период – 39,2%.

Отмечается, что по всем периодам наблюдений на заветренной стороне скорость ветрового потока на удалении 4Н от полосы практически совпадала и была снижена в среднем на 90% от скорости ветра на контроле. Наблюдения показали, что даже с изменением угла подхода ветра к полосе в зимний период, полоса данной конструкции успешно выполняла ветроослабляющую функцию.

Достоверность различий в скоростях ветрового потока под влиянием защитной полосы и на контроле подтверждается с вероятностью 95%. Вычисленные значения t-критерия Стьюдента по периодам наблюдений следующие: (весна: $t_{\text{фактич.}} = 6,11 > t_{0,05} = 2,05$; лето: $t_{\text{фактич.}} = 6,60 > t_{0,05} = 2,06$; зима: $t_{\text{фактич.}} = 8,56 > t_{0,05} = 2,05$).

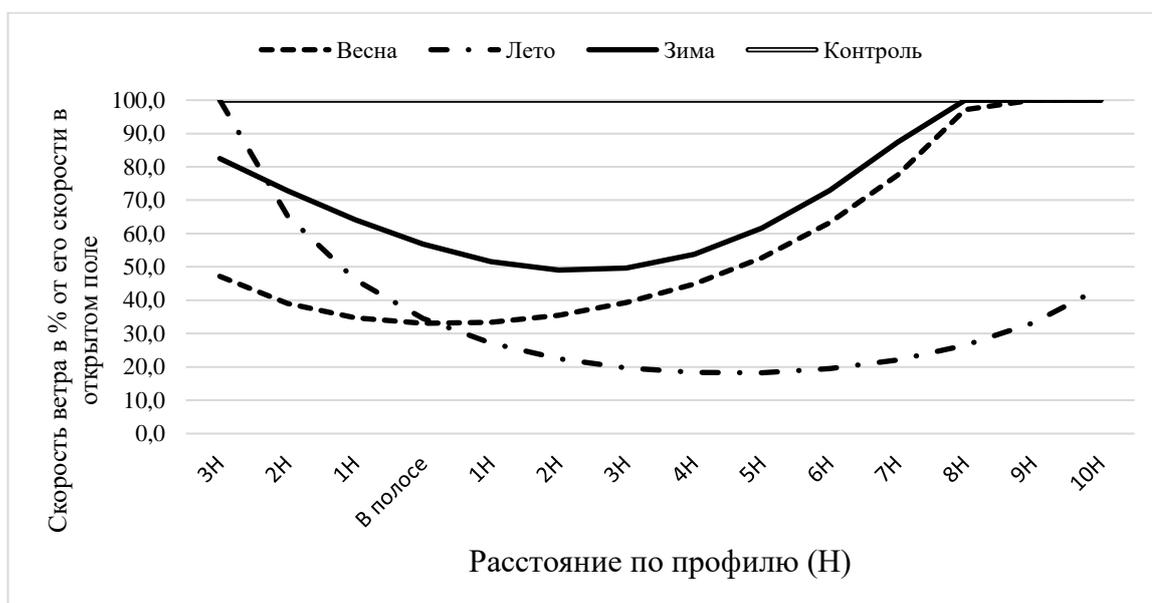


Рисунок 5.6. – Изменение скорости ветра под влиянием берёзовой полосы ажурно-плотной конструкции, ПП 10 (при направлении ветра к полосе: весна – З 85°; лето – З 85°; зима - ЮЗ 40°)

Примечание: 2 крайних ряда состоят из яблони лесной (*Malus sylvestris* L.), в центре полосы ряды не просматриваются

По данным рисунка 5.6., эффективное снижение скорости ветра (более 10%) в рассматриваемых расстояниях от полосы с пересечением автодороги (на удалении 10Н в весенний и летний период и на удалении 3Н в зимний период), было на следующих расстояниях от насаждения:

в весенний период – 3Н с наветренной, и 7Н с заветренной;

в летний период – 2Н с наветренной и 10Н с заветренной;

в зимний период – 7Н с наветренной и 3Н с заветренной стороны.

По полученным результатам следует, что более эффективно данная полоса выполняет свои ветроослабляющие функции в летний и весенний периоды на заветренной стороне. Причем, с увеличением скорости ветра весной до 7 м/с, по сравнению с летним периодом (5 м/с), наблюдается уменьшение мелиоративного влияния, выражаемого в высотах насаждения с 10Н до 7Н соответственно. Ветровой поток в весенний период, вероятно огибает полосу при подходе к ней, и на удалении кратном 1Н с заветренной стороны начинает наращивать свою первоначальную скорость и уже на удалении 8Н с заветренной стороны практически совпадает со скоростью ветра на контроле.

В зимний период ветровой поток при подходе к полосе с наветренной стороны, на расстоянии кратном 8Н начинает резко снижать свою скорость, и на удалении от 3 до 1Н с наветренной стороны имеет минимальную скорость, которая составляет примерно 50% от скорости ветра на контроле. Далее, проходя через полосу, ветровой поток начинает резко восстанавливать свою первоначальную скорость.

Снижение скорости ветра в зоне эффективной «ветровой тени» в среднем составило у рассматриваемой полосы в зимний период – 36,2%; в летний период – 69,5%; в весенний период – 54,5%.

Достоверность различий в скоростях ветрового потока под влиянием защитной полосы и на контроле подтверждается с вероятностью 95%. Вычисленные значения t-критерия Стьюдента по периодам наблюдений следующие: (весна: $t_{\text{фактич.}} = 8,12 > t_{0,05} = 2,07$; лето: $t_{\text{фактич.}} = 14,97 > t_{0,05} = 2,06$; зима: $t_{\text{фактич.}} = 4,74 > t_{0,05} = 2,09$).

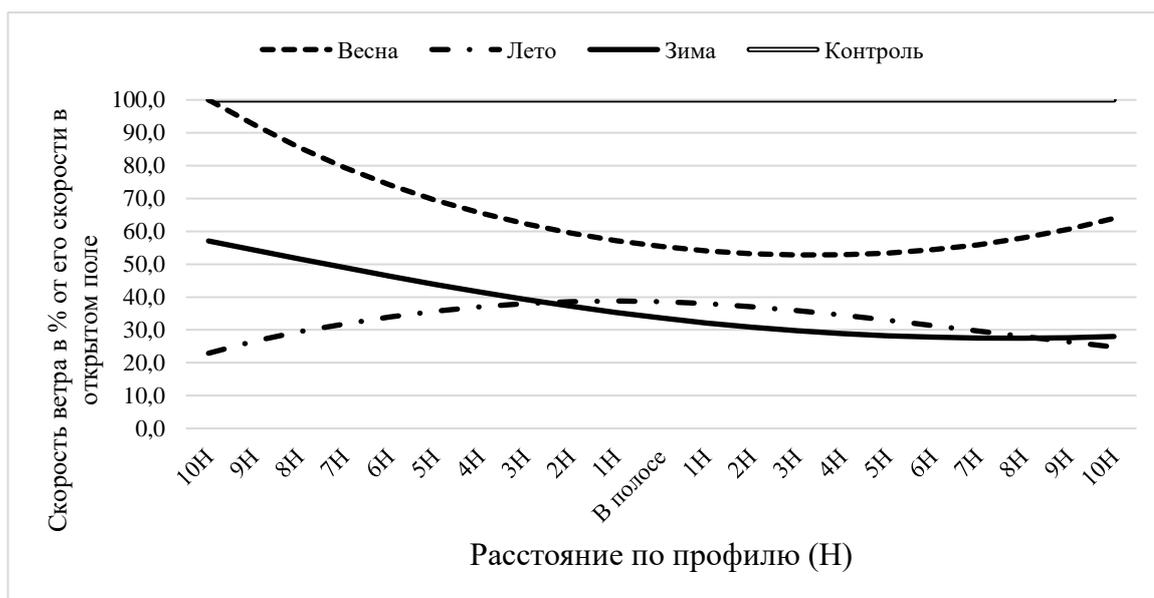


Рисунок 5.7. – Изменение скорости ветра под влиянием 5-рядной вязовой полосы ажурно-продуваемой конструкции, ПП 11 (при направлении ветра к полосе: весна – 345° ; лето – 345° ; зима – $ЮЗ 0^\circ$)

Установлено, что наиболее эффективное снижение скорости ветра в рассматриваемых зонах от полосы с выходом на дорожное полотно (на удалении 10Н) и от полосы в сторону открытого поля (на удалении 10Н) наблюдалось у рассматриваемой полосы (рисунок 5.7.) на расстоянии:

в весенний период – 8Н с наветренной, и 10Н с заветренной;

в летний период – 10Н с наветренной и 10Н с заветренной (по рисунку справа от полосы);

в зимний период – 10Н с наветренной и 10Н с заветренной стороны (по рисунку справа от полосы).

На представленном графике видно, что, защитная полоса наиболее эффективно снижает ветровой поток в летний и зимний период. Причем в зимний период угол подхода ветрового потока был равен 0° , то есть направление ветра было параллельно полосе. В свою очередь, вероятно, на дальность мелиоративного влияния данной полосы, в зимний период, мог оказать ряд других факторов.

Ветровой поток в зимний период, при подходе к данной полосе, начал плавно снижать свою скорость, и на расстоянии кратном 1Н она соответствовала 35,3% от скорости на контроле. Преодолевая полосу, ветровой поток продолжил снижаться до расстояния, кратного 3Н с наветренной стороны, далее на последующем удалении от этой точки, его скорость возросла незначительно, и соответствовала 28% от скорости в открытом поле.

Весенний период, как следует из выше приведенных данных, характеризуется повышенными скоростями ветра. В данном случае, ветровой поток, при подходе к полосе начинает плавно снижать свою скорость, и преодолев защитную полосу, на наветренной стороне его скорость на удалении 1-5Н достигает скорости, соответствующей в среднем 53% от скорости на контроле.

Снижение скорости ветра в зоне эффективной «ветровой тени» в среднем составило у рассматриваемой полосы в зимний период – 63,0%; в летний период – 67,2%; в весенний период – 38,5%.

Достоверность различий в скоростях ветрового потока под влиянием защитной полосы и на контроле подтверждается с вероятностью 95%. Вычисленные значения t-критерия Стьюдента по периодам наблюдений следующие: (весна: $t_{\text{фактич.}} = 16,41 > t_{0,05} = 2,02$; лето: $t_{\text{фактич.}} = 17,89 > t_{0,05} = 2,02$; зима: $t_{\text{фактич.}} = 26,5 > t_{0,05} = 2,02$).

Трехрядная полоса плотной конструкции (рисунок 5.8.) снижает скорость ветра по схеме, типичной для насаждения данной конструкции. Снижение скорости ветра в рассматриваемых пределах от полосы с выходом на дорожное полотно (на удалении 4Н) и от полосы в сторону открытого поля (на удалении 10Н) наблюдалось на расстоянии:

- в весенний период – 4Н с наветренной, и 10Н с наветренной;
- в летний период – 4Н с наветренной и 9Н с наветренной;
- в зимний период – 2Н с наветренной и 10Н с наветренной стороны.

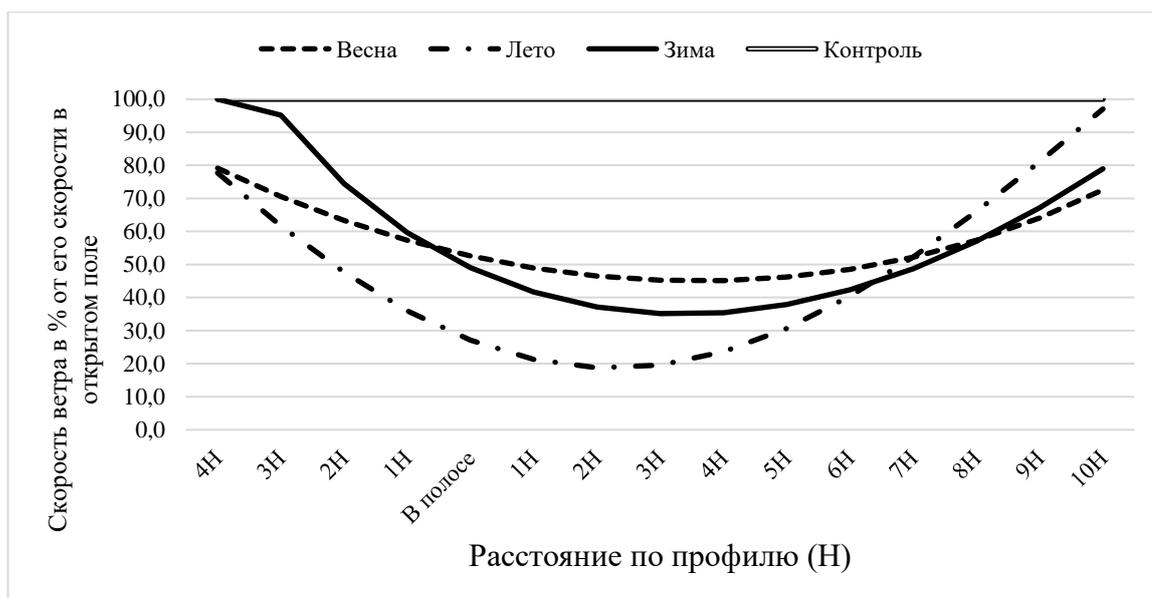


Рисунок 5.8. – Изменение скорости ветра под влиянием 3-рядной вязовой полосы плотной конструкции, ПП 13 (при направлении ветра к полосе: весна – 380° ; лето – ЮЗ 35° ; зима – ЮЗ 35°)

Установлено, что наиболее эффективное снижение скорости ветра наблюдалось у рассматриваемой полосы в летний период. Ветровой поток, подходя к полосе с наветренной стороны, на удалении 4Н от неё, начинает резко сбрасывать свою скорость вплоть до подхода к лесной полосе. Далее, преодолев полосу, ветровой поток опускается на расстоянии кратном 4Н. В этот момент, сразу за полосой образуется зона выраженного затишья – 1-3Н с заветренной стороны. Данный эффект видимо объясняется тем, что вследствие большого давления ветрового потока с наветренной стороны на полосу, он вынужден обтекать её.

Скорость ветрового потока на удалении от 1 до 3Н с заветренной стороны была снижена в среднем на 80%. После того, как верхняя часть ветрового потока перевалила через полосу, ветер начал резко восстанавливать свою первоначальную скорость, и на удалении кратном 10Н практически достиг скорости ветра на контроле.

Зимой и весной, когда полоса по своей конструкции становится более продуваемой, скорость ветрового потока снижалась с наветренной и повышалась

на заветренной стороне по такому же принципу, как и в летний период, но более плавно.

Снижение скорости ветра в зоне эффективной «ветровой тени» в среднем составило у рассматриваемых полос в зимний период – 48,9%; в летний период – 56,9%; в весенний период – 43,4%.

Достоверность различий в скоростях ветрового потока под влиянием защитной полосы и на контроле подтверждается с вероятностью 95%. Вычисленные значения t -критерия Стьюдента по периодам наблюдений следующие: (весна: $t_{\text{фактич.}} = 14,55 > t_{0,05} = 2,05$; лето: $t_{\text{фактич.}} = 6,46 > t_{0,05} = 2,05$; зима: $t_{\text{фактич.}} = 8,72 > t_{0,05} = 2,06$).

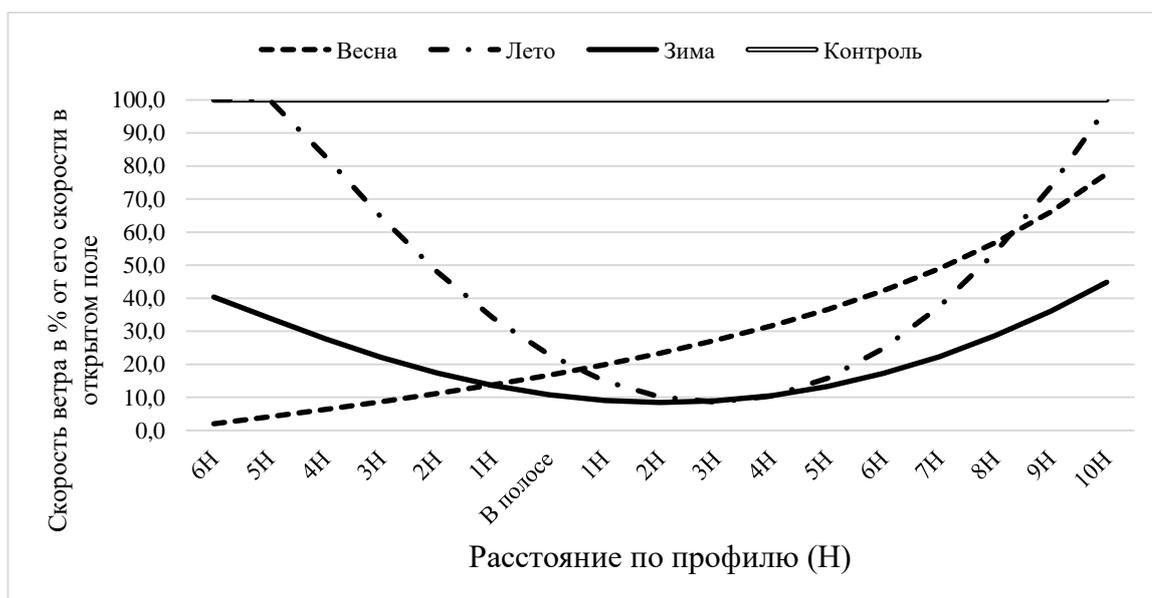


Рисунок 5.9. – Изменение скорости ветра под влиянием 4-рядной вязовой полосы плотной конструкции, ПП 14 (при направлении ветра к полосе: весна – 380° ; лето – ЮЗ 50° ; зима – ЮЗ 50°)

У 4-рядной полосы непродуваемой конструкции (рисунок 5.9.) с акацией жёлтой в опушечных рядах снижение скорости ветра в рассматриваемых пределах от полосы с пересечением автодороги (на удалении 6Н) и от полосы в сторону открытого поля (на удалении 10Н) наблюдалось на следующих расстояниях:

в весенний период – 6Н с наветренной, и 10Н с заветренной;

в летний период – 4Н с наветренной и 9Н с заветренной;

в зимний период – 6Н с наветренной и 10Н с заветренной стороны.

Наиболее типичное снижение скорости ветрового потока, присущее работе полосы данной конструкции наблюдается в летний период. При подходе ветра с наветренной опушки, видимо вследствие большого давления ветра на полосу, воздушный поток обтекает её, и на расстоянии кратном от 2 до 4Н резко снижает свою первоначальную скорость. Затем, на расстоянии кратном 5Н резко начинает её увеличивать, и уже на удалении 10Н с заветренной стороны, полностью восстанавливает свою скорость.

В зимний период наблюдений, вследствие большей продуваемости полосы, с наветренной опушки наблюдается более плавное снижение скорости ветра при его подходе к полосе. Аналогичная картина наблюдается на заветренной опушке, ветер начинает восстанавливать свою скорость на удалении 5Н от полосы.

Построенные кривые, в летний и зимний период пересекаются на удалении кратном 2-4Н, это подтверждает тот факт, что под действием ветрового потока, который минует полосу сверху и опускается на определенном удалении за полосой, образуется зона так называемого штиля, где скорость ветра на некоторое время может снижаться практически до нуля.

В весенний период, при угле подхода ветрового потока к полосе, который был приближен к 90° , на ветрозащитную функцию мог оказать влияние тот факт, что на противоположной стороне автодороги произрастает лесной массив. Таким образом, скорость ветра при подходе к полосе, уже была существенно снижена.

Снижение скорости ветра в зоне эффективной «ветровой тени» в среднем составило у рассматриваемой полосы в зимний период – 78,5%; в летний период – 64,1%; в весенний период – 71,0%.

Достоверность различий в скоростях ветрового потока под влиянием защитной полосы и на контроле подтверждается с вероятностью 95%. Вычисленные значения t-критерия Стьюдента по периодам наблюдений следующие: (весна: $t_{\text{фактич.}} = 14,05 > t_{0,05} = 2,04$; лето: $t_{\text{фактич.}} = 7,85 > t_{0,05} = 2,05$; зима: $t_{\text{фактич.}} = 24,88 > t_{0,05} = 2,04$).

5.1.1. Изменение скорости ветрового потока под влиянием системы придорожных полос

Под системой полос мы понимаем параллельно расположенные защитные лесные полосы по обе стороны автодороги, на определенном удалении от неё (Здорнов, Нагимов, 2020б). Основная задача системы придорожных лесных полос - снижение уровней максимальных скоростей ветра и вследствие этого уменьшение его кинетической энергии, влияющей на интенсивность движения автотранспорта, перенос загрязняющих веществ с полосы отвода автодороги, контактную сеть, линии связи, а также сохранность рекламных и баннерных щитов.

Главным преимуществом системы придорожных полос является то, что она способна эффективно снижать скорость ветра в пределах дороги, независимо от частой смены направления господствующих ветров. При системе лесных полос увеличивается также дальность защитного действия каждой из них.

Изменение скорости ветрового потока в зависимости от периода исследований под влиянием системы защитных лесных полосах различных конструкций графически представлено на рисунках 5.10. – 5.12..

По данным рисунка 5.10., эффективное снижение скорости ветра в системе полос (более 10%) в рассматриваемых пределах по профилю от 10Н со стороны открытого поля, с пересечением автодороги, и от противоположной полосы в сторону открытого поля (на удалении 10Н) наблюдается на следующих расстояниях:

в весенний период – 10Н с наветренной, и 6Н с заветренной;

в летний период – 5Н с наветренной и 9Н с заветренной;

в зимний период – 10Н с наветренной и 10Н с заветренной стороны.

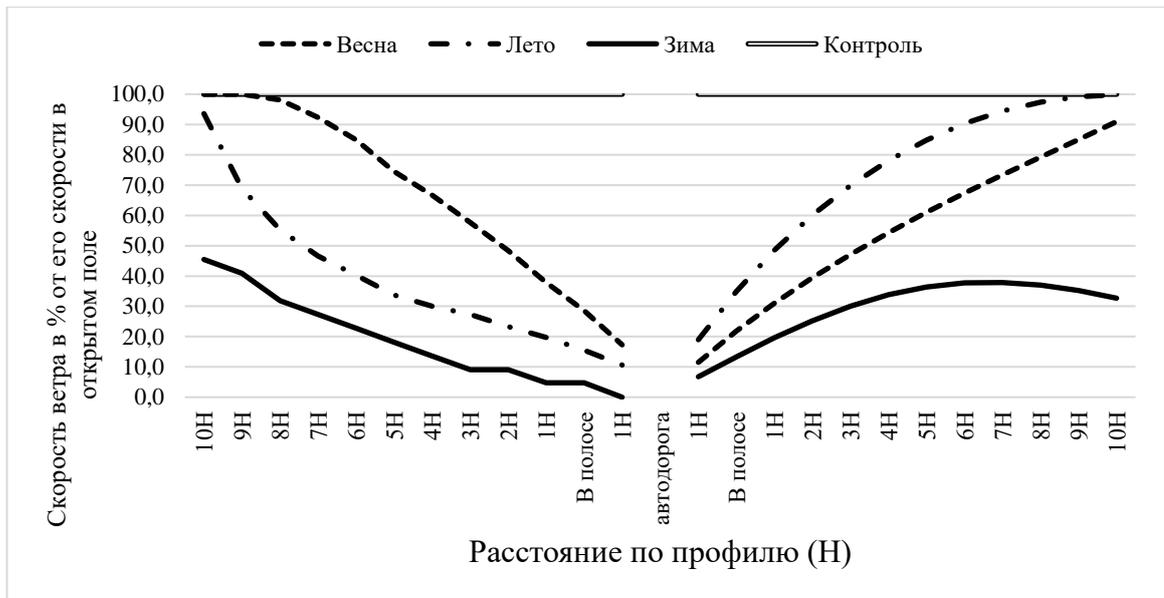


Рисунок 5.10 – Изменение скорости ветра под влиянием системы 13-рядных берёзовых полос ажурной конструкции, при направлении ветра к полосам: весна – 30° ; лето – ЮЗ 45° ; зима - ЮЗ 45° .

Примечание: ПП 12 слева, ПП 1 справа по рисунку. В сторону автодороги, расположенной между защитными полосами, был проведен замер скорости ветрового потока от каждой полосы, кратно её высоте (Н). Навстречная сторона в зимний и летний период по рисунку справа от ПП 1.

Более существенное влияние на скорость ветра данные полосы оказывает в зимний период на расстоянии кратном $10Н$, как с наветренной, так и с заветренной стороны. Скорость ветрового потока при подходе к защитной полосе (ПП 1) на удалении кратном $10Н$ с наветренной стороны была существенно снижена. По графику видно, что с приближением к наветренной опушке ветер, начиная с расстояния кратного $6Н$ начал плавно снижать свою скорость, и после преодоления полосы, в пределах автодороги скорость ветра была минимальной. Далее ветровой поток начал увеличивать свою скорость на заветренной опушке противоположной полосы (ПП 12) начиная с расстояния, кратного $1Н$.

Влияние рассматриваемой системы полос на скорость ветрового потока в летний период, характеризуется снижением скорости ветра с наветренной стороны (ПП 1) на удалении кратном $5Н$, с заветренной стороны противоположной полосы (ПП 12) – $9Н$. При подходе ветра к полосе с наветренной стороны отмечается более

резкое снижение скорости ветрового потока, а после преодоления им системы полос наблюдается плавное повышение его скорости на заветренной стороне.

Ветрозащитная функция системы полос весной заметно отличается от зимнего периода. Связано это в первую очередь с углом подхода ветра к полосам. В данном случае ветровой поток направлен параллельно рассматриваемой системе, тем не менее по полученным результатам видно, что приближаясь к системе полос, его скорость начинает снижаться; в пределах автодороги она была снижена более чем на 80%.

Снижение скорости ветра в пределах автодороги в среднем составило у рассматриваемой системы полос в зимний период – 96,5%; в летний период – 75,0%; в весенний период – 86,0%.

Достоверность различий в скоростях ветрового потока в открытом поле (V_k) и под влиянием системы защитных полос на соответствующих высотах (V_i) подтверждается с вероятностью 95%.

Вычисленные значения t-критерия Стьюдента по периодам наблюдений следующие:

ПП1 – (весна: $t_{\text{фактич.}} = 6,99 > t_{0,05} = 2,07$; лето: $t_{\text{фактич.}} = 3,26 > t_{0,05} = 2,07$; зима: $t_{\text{фактич.}} = 18,10 > t_{0,05} = 2,07$);

ПП 12 – (весна: $t_{\text{фактич.}} = 5,44 > t_{0,05} = 2,10$; лето: $t_{\text{фактич.}} = 8,33 > t_{0,05} = 2,07$; зима: $t_{\text{фактич.}} = 18,64 > t_{0,05} = 2,07$).

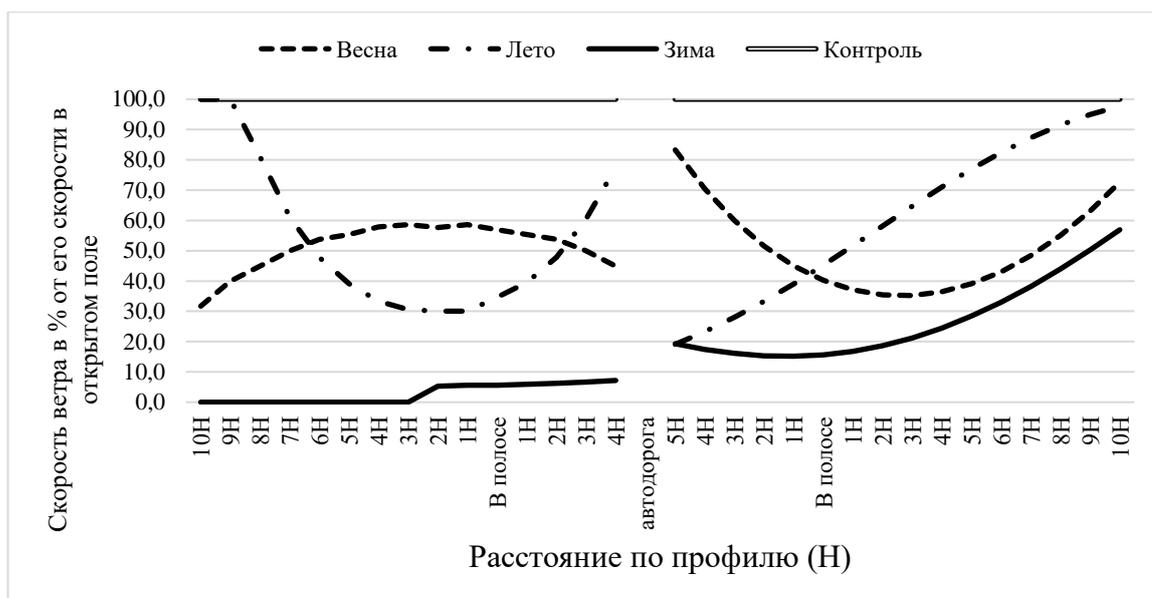


Рисунок 5.11. – Изменение скорости ветра под влиянием системы полос, состоящей из однорядной сосновой полосы с ивой ломкой, редкой сверху (крупносетчатая)-плотной внизу конструкции (ПП 3) и 3-рядной клёновой полосы ажурно-плотной конструкции, (ПП 5), при направлении ветра к полосам: весна – З 5°; лето – ЮЗ 52°; зима – ЮЗ 52°)

Примечание: ПП 3 слева, ПП 5 справа по рисунку. В сторону автодороги, расположенной между защитными полосами, был проведен замер скорости ветрового потока от каждой полосы, кратно её высоте (Н). В данном случае, от ПП 3 в сторону автодороги было произведено 4 замера. Наветренная сторона по рисунку справа от ПП 5.

На представленном графике видно (рисунок 5.11.), что эффективное снижение скорости ветра под влиянием системы полос в рассматриваемых пределах по профилю от 10Н со стороны открытого поля, с пересечением автодороги, и от противоположной полосы в сторону открытого поля (на удалении 10Н) наблюдается на следующих расстояниях от насаждений:

в весенний период – 10Н с наветренной, и 10Н с заветренной;

в летний период – 7Н с наветренной и 8Н с заветренной;

в зимний период – 10Н с наветренной и 10Н с заветренной стороны.

Как следует из приведенных на графике данных, наибольшее снижение скорости ветрового потока наблюдается в зимний период. По графику видно, что при подходе ветрового потока к полосе (ПП 5) с наветренной стороны, на удалении

кратном 10Н, начинается плавное снижение скорости ветра. После преодоления ветровым потоком защитной полосы (ПП 5), и его выходом на дорожное полотно, на расстояние кратное 5Н, скорость ветра слегка повысилась, но в целом была снижена на 80%. При подходе ветра к защитной полосе (ПП 3), наблюдается дальнейшее снижение его скорости. Преодолев противоположную полосу (ПП 3), ветровой поток продолжает свое снижение, и начиная с расстояния кратного 3Н за полосой (ПП 3) с наветренной стороны, он полностью снижает свою скорость – наблюдается так называемая зона затишья.

Наиболее типичное снижение скорости ветрового потока, присущее работе полос (ПП 3 и 5) плотной внизу конструкции наблюдается в летний период. При подходе ветра с наветренной опушки, на которой произрастает густой подрост, и вследствие этого формирует непродуваемую в нижней части насаждения конструкцию, и по всей видимости вследствие большого давления ветра на полосу, воздушный поток обтекает её, и на расстоянии кратном 4Н от противоположной полосы (ПП 3) в пределах автодороги резко возрастает. Далее, при подходе ветрового потока к полосе (ПП 3) наблюдается резкое снижение скорости ветра. Преодолев защитную полосу (ПП 3), ветровой поток на наветренной стороне начинает резко увеличивать свою скорость с удаления, кратного 4Н.

Ветрозащитная функция системы полос весной несколько отличается от зимнего и летнего периодов. В данном случае ветровой поток направлен параллельно рассматриваемой системе. Снижение скорости ветра наблюдается при подходе к полосе (ПП 5) с наветренной стороны на удалении, кратном 10Н. На расстоянии 1-5Н с наветренной стороны клёновой полосы наблюдается резкое повышение скорости ветра. При подходе к противоположной полосе (ПП 3) ветровой поток резко снизил свою скорость. После преодоления полосы (ПП 3) снижение продолжилось вплоть до расстояния кратного 10Н.

Снижение скорости ветра в пределах автодороги в среднем составило у рассматриваемой системы полос в зимний период – 88,0%; в летний период – 59,0%; в весенний период – 43,0%.

Достоверность различий в скоростях ветрового потока в открытом поле (V_k) и под влиянием защитной полосы на соответствующих расстояниях (V_i) подтверждается с вероятностью 95%.

Вычисленные значения t-критерия Стьюдента по периодам наблюдений следующие:

ПП 3 – (весна: $t_{\text{фактич.}} = 12,0 > t_{0,05} = 2,05$; лето: $t_{\text{фактич.}} = 12,45 > t_{0,05} = 2,06$; зима: $t_{\text{фактич.}} = 39,49 > t_{0,05} = 2,05$);

ПП 5 – (весна: $t_{\text{фактич.}} = 13,39 > t_{0,05} = 2,04$; лето: $t_{\text{фактич.}} = 5,62 > t_{0,05} = 2,04$; зима: $t_{\text{фактич.}} = 21,22 > t_{0,05} = 2,04$).

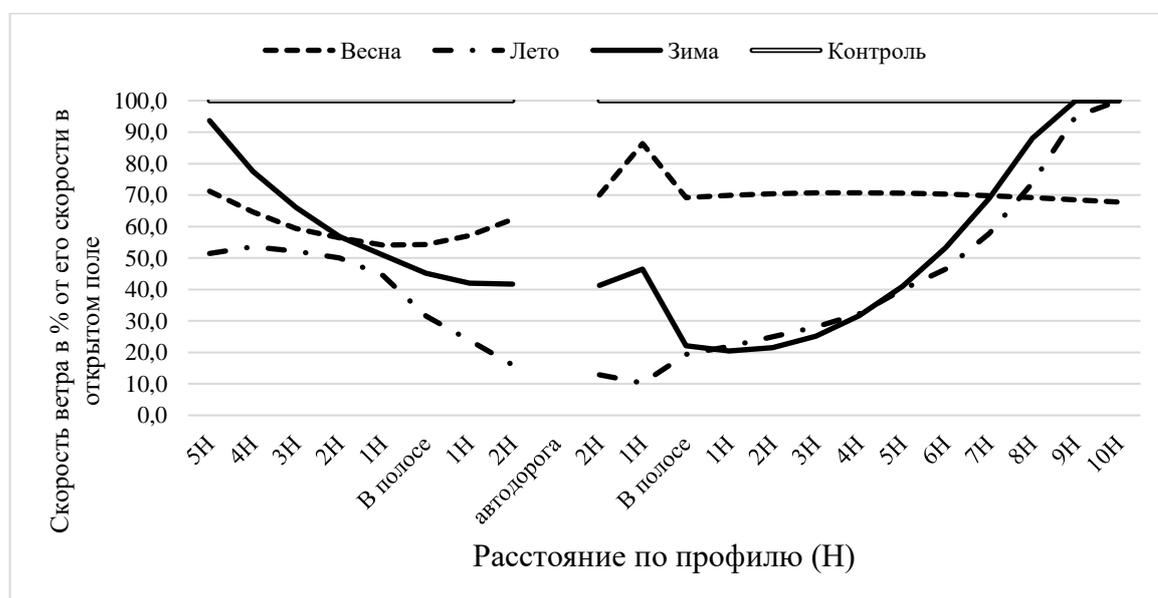


Рисунок 5.12. – Изменение скорости ветра под влиянием системы тополевых полос ажурной конструкции, при направлении ветра к полосам: весна – З 90°; лето – З 90°; зима – ЮЗ 45°.

Примечание: ПП 7 слева, ПП 15 справа по рисунку. В сторону автодороги, расположенной между защитными полосами, был проведен замер скорости ветрового потока от каждой полосы,кратно её высоте (Н). В данном случае, от ПП 7 в сторону автодороги было произведено 2 замера. На ПП 7 ряды не просматриваются. Наветренная сторона по рисунку слева от ПП 7.

Установлено, что наиболее эффективное снижение скорости ветра в рассматриваемых пределах по профилю от 5Н со стороны открытого поля, с пересечением автодороги, и от противоположной полосы в сторону открытого поля

(на удалении 10Н) наблюдалось у рассматриваемой системы полос (рисунок 5.12.) на расстоянии:

в весенний период – 5Н с наветренной, и 10Н с заветренной;

в летний период – 5Н с наветренной и 8Н с заветренной;

в зимний период – 4Н с наветренной и 8Н с заветренной стороны.

Более существенное снижение ветрового потока между полосами, непосредственно в пределах автодороги рассматриваемая система оказывает в летний период. Ветер на подходе к полосе (ПП 7) с наветренной стороны начинает плавно снижать свою скорость на расстоянии, кратном 4Н. Затем после преодоления полосы снижение продолжается вплоть до противоположной полосы (ПП 15). После преодоления защитной полосы (ПП 15), ветровой поток начинает плавно увеличивать свою скорость, и на удалении кратном 9Н с заветренной стороны, его скорость практически сравнялась со скоростью в открытом поле.

В свою очередь, в летний период, по сравнению с другими, наблюдается явное затишье ветра в пределах автодороги, вероятно, будучи в облиственном состоянии, защитные полосы имеют меньшую площадь просветов, и вследствие меньшую продуваемость. Перераспределение воздушных масс, проникших через кроны и стволы полосы (ПП 7), расположенной с наветренной стороны, происходит на высоте, превышающей высоту замеров скорости ветрового потока.

Весенний и зимний периоды характеризуются более высокими скоростями ветра, поэтому с преодолением ветровым потоком полосы (ПП 7) и его подходом к противоположной полосе (ПП 15) наблюдается характерное повышение скорости ветра на удалении, кратном 1Н от двухрядной тополевой полосы (ПП 15) в сторону автодороги. Далее скорость ветрового потока снижается под влиянием защитной полосы (ПП 15) в обоих случаях (в зимний и летний период соответственно). Преодолев защитную полосу, ветровой поток начинает плавно наращивать свою скорость, и на удалении кратном 9Н в зимний период его скорость практически соответствует скорости ветра в открытом поле.

Весенний период характеризуется более равномерным распределением ветра на заветренной стороне (за ПП 15)

Пересекающиеся на графике кривые на расстоянии кратном 5Н на заветренной стороне, в летний и зимний период, а также дальность мелиоративного влияния в весенний период, соответствуют дальности влияния полос ажурной конструкции.

Снижение скорости ветра в пределах автодороги у рассматриваемой системы полос в среднем составило: в зимний период – 57,0%; в летний период – 84,0%; в весенний период – 31,0%.

Достоверность различий в скоростях ветрового потока в открытом поле (V_k) и под влиянием защитной полосы на соответствующих расстояниях (V_i) подтверждается с вероятностью 95%.

Вычисленные значения t-критерия Стьюдента по периодам наблюдений следующие:

ПП 7 – (весна: $t_{\text{фактич.}} = 7,74 > t_{0,05} = 2,10$; лето: $t_{\text{фактич.}} = 6,28 > t_{0,05} = 2,10$; зима: $t_{\text{фактич.}} = 7,35 > t_{0,05} = 2,10$);

ПП 15 – (весна: $t_{\text{фактич.}} = 9,31 > t_{0,05} = 2,05$; лето: $t_{\text{фактич.}} = 11,68 > t_{0,05} = 2,06$; зима: $t_{\text{фактич.}} = 10,77 > t_{0,05} = 2,06$).

5.1.2. Изменение кинетической энергии ветрового потока под влиянием полос с различной фитомассой

До настоящего времени мелиоративную роль лесных полос было принято связывать с их основными конструкциями (плотная, ажурная и продуваемая) их переходными формами. В то же время доказано, что лесные полосы визуальной одинаковой конструкции могут характеризоваться различной ветропроницаемостью и, как следствие, резко отличаться степенью мелиоративного влияния. В этой связи следует отметить работы, в которых мелиоративное значение полос справедливо связывается с их надземной фитомассой (Долгилевич и др., 1982; Ивонин, Танюкевич, 2011, Танюкевич, 2011, 2013, 2015).

Таким образом, если основываться на материалах исследований В.В. Танюкевича, то можно предположить, что в зоне мелиоративного влияния исследуемых придорожных лесных полос с различной плотностью надземной фитомассы и количеством аккумулированной солнечной энергии должен формироваться разный ветровой режим.

В данном случае мы рассмотрим влияние придорожных полос с различной фитомассой и количеством аккумулированной в ней солнечной энергии на изменение коэффициента кинетической энергии ветра (K_e) в зоне мелиоративного влияния полос. По методике исследований средняя скорость ветрового потока была переведена в кинетическую энергию (Дж) на один метр квадратный (1 м^2) поперечного сечения ветрового потока в секунду, и рассчитан коэффициент (K_e) кинетической энергии. Полученные результаты по изменению энергии ветрового потока под влиянием полос с различной надземной фитомассой графически представлены на рисунках 5.13. – 5.15..

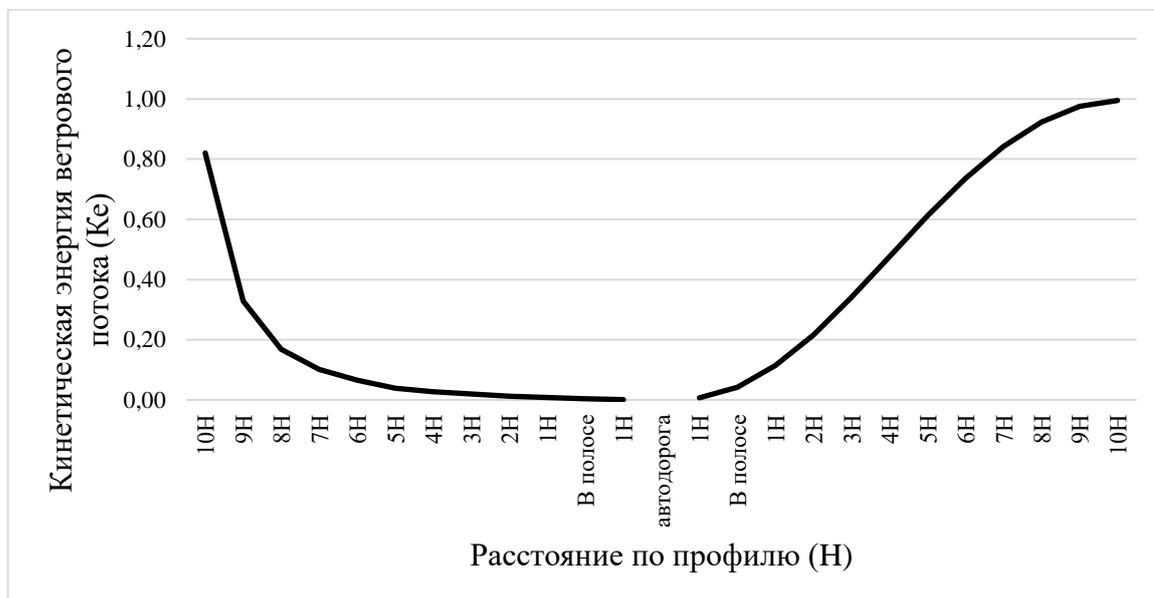


Рисунок 5.13. – Изменение кинетической энергии (K_e) ветрового потока под влиянием системы 13-рядных берёзовых полос ажурной конструкции, с аккумулированной энергией в надземной фитомассе: ПП 12 (слева) - 21,65 МДж/м³; ПП 1 (справа) – 25,55 МДж/м³, при направлении ветра к полосам – ЮЗ 45°.

По данным рисунка 5.13, видно, что величина кинетической энергии ветра в приземном слое с наветренной стороны (ПП 1) под влиянием защитной полосы начинает существенно меняться с расстояния, кратном 9Н. По мере приближения к защитной полосе, ветровой поток постепенно снижает свою кинетическую энергию, и преодолев полосу в пределах автодороги энергия ветра снижается до 0 ($K_e = 0,0$). Далее, после преодоления противоположной полосы (ПП 12), на её заветренной опушке кинетическая энергия ветрового потока начинает плавно возрастать вплоть до расстояния, кратного 7Н. На расстоянии, кратном 1Н на заветренной (ПП 12) опушке коэффициент (K_e) соответствует 0,01. По мере удаления от полосы (ПП 12) с заветренной её стороны, коэффициент кинетической энергии возрастает до 0,82 на удалении кратном 10Н.



Рисунок 5.14. – Изменение кинетической энергии (K_e) ветрового потока под влиянием берёзовой полосы ажурно-плотной конструкции (ПП 9), с аккумулятивной энергией в надземной фитомассе - 8,19 МДж/м³, при направлении ветра к полосе – 3 85°.

Примечание: 2 крайних ряда состоят из яблони лесной (*Malus sylvestris* L.), в центре полосы ряды не просматриваются

Установлено, что наиболее эффективное снижение кинетической энергии ветрового потока наблюдалось у рассматриваемой полосы (рисунок 5.14.) по мере приближения ветрового потока к ней и на заветренной опушке. Так, на удалении кратном 9Н с наветренной стороны коэффициент кинетической энергии ветра (K_e) равен 1,07. По мере приближения к исследуемой полосе, на расстоянии, кратном 1Н кинетическая энергия ветра существенно снизилась ($K_e = 0,08$). После преодоления защитной полосы, кинетическая энергия ветрового потока, в пределах автодороги, снизилась до 0 ($K_e = 0,0$).

В среднем, снижение кинетической энергии ветрового потока под влиянием полосы в зоне эффективной «ветровой тени» составило практически 100%.

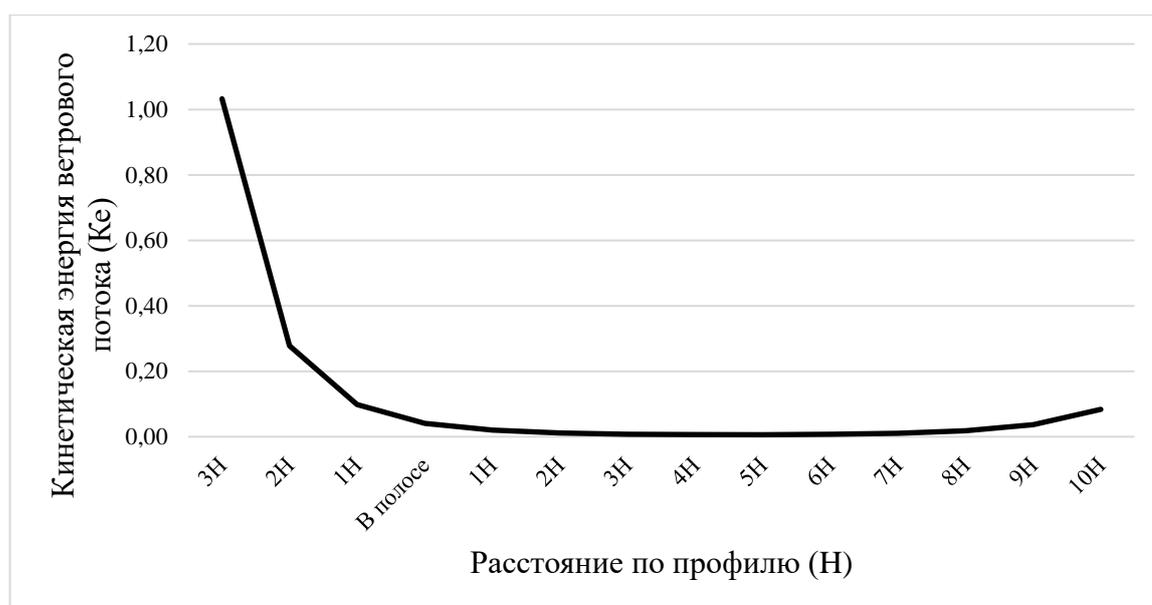


Рисунок 5.15. – Изменение кинетической энергии (K_e) ветрового потока под влиянием берёзовой полосы ажурно-плотной конструкции (ПП 10), с аккумулированной энергией в надземной фитомассе - 6,71 МДж/м³, при направлении ветра к полосе – 3 85°.

Примечание: 2 крайних ряда состоят из яблони лесной (*Malus sylvestris* L.), в центре полосы ряды не просматриваются

По полученным результатам (рисунок 5.15.) следует, что более эффективное снижение энергии ветрового потока под влиянием защитной полосы наблюдается на удалении, кратном $10H$ с заветренной стороны. При подходе ветрового потока к защитной полосе с наветренной стороны, коэффициент кинетической энергии ветра начал существенно меняться. Так, на удалении кратном $3H$, $K_e = 1,03$. По мере приближения к защитной полосе, на расстоянии $2H$, $K_e = 0,28$ и далее кинетическая энергия продолжила снижаться. Под влиянием защитной полосы на заветренной стороне коэффициент (K_e) варьирует от $0,01$ до $0,08$. Дальность мелиоративного влияния на заветренной опушке соответствует дальности для насаждения продуваемой конструкции, хотя визуально данная полоса имеет ажурно-плотную конструкцию.

5.2. Снегораспределение под влиянием придорожных лесных полос

В степных и лесостепных районах Северного Казахстана ветер сдувает зимой снег с открытых полей в овраги, лоцины, балки, и другие понижения или намetyвает его возле каких-либо преград. Особым образом обстоит дело в полосах отвода автомобильных дорог и прилегающих к автодорогам территориях. Рассматривая систему «автодорога-защитная полоса (полосы)» можно констатировать, что снег в таких условиях благодаря профилю автодороги (высоте насыпи), кювета автодороги и защитным лесным полосам будет задерживаться почти полностью. Перемещение снежных масс под воздействием вышеперечисленных механических препятствий не только ослабляется, но и существенно ограничивается. Одним из ключевых факторов, влияющим на перемещение снежных масс к автодороге является скорость ветрового потока. В результате уменьшения скорости ветрового потока происходит и уменьшение его кинетической энергии (данный факт проанализирован в п. 5.1.2), это в свою очередь снижает перенос снега на межполосном пространстве (Защитное лесоразведение, 1986).

Влияние в зимний период лесных полос различных конструкций на кинетическую энергию ветрового потока вызывает характерную динамику отложения снега. Результаты проведенных исследований показывают (рисунок 5.16. – 5.24.), как полосы различных конструкций задерживают, накапливают и перераспределяют снежные массы в зоне своего мелиоративного влияния.

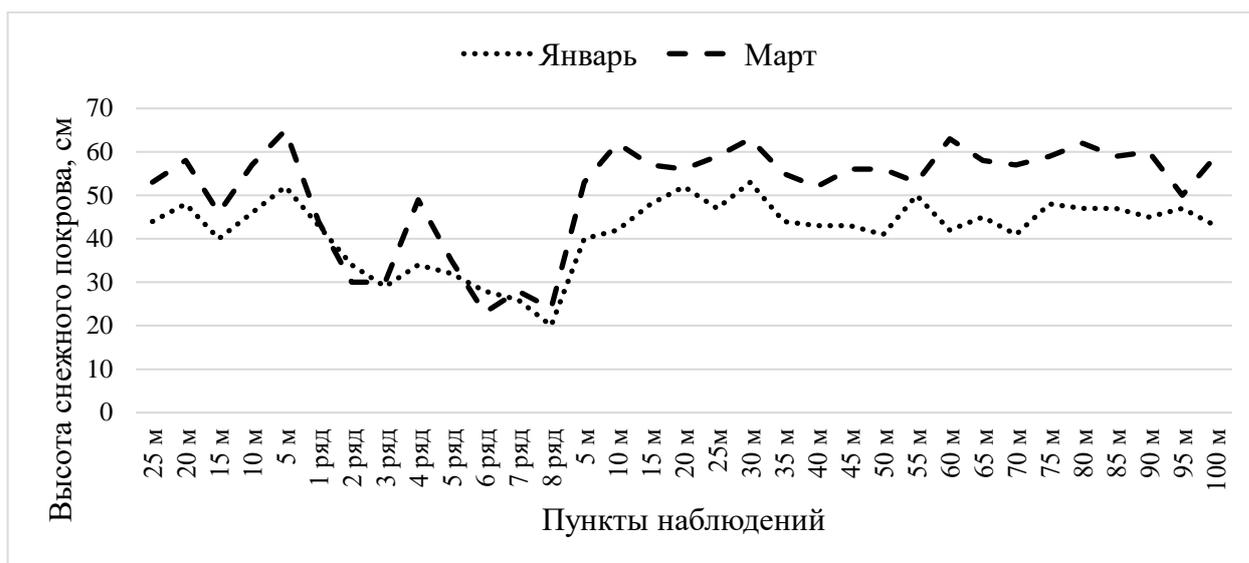


Рисунок 5.16. – Динамика отложения снега под влиянием 8-рядной тополевой полосы ажурно-продуваемой конструкции, ПП 2

По графику снегораспределения (рисунок 5.16.) видно, что наибольшая величина снегоотложений наблюдается за полосой (со стороны открытого поля) и перед полосой (в сторону автодороги).

В сторону открытого поля наблюдается в целом равномерное отложение снежного шлейфа с незначительным варьированием по высоте покрова. Отмечается, что в первую половину зимы снежный вал в сторону открытого поля начал формироваться начиная с 8-го (крайнего) ряда лесной полосы. По мере роста сугроба, вероятно он сам становится дополнительным препятствием при перемещении снежных масс. В результате к весне накапливается довольно значительное количество снега по ранее сформированному шлейфу на всем исследуемом протяжении профиля.

Распределение снежного покрова внутри полосы позволяет сделать вывод о том, что вероятно ветровой поток, проходящий через полосу как с одной, так и с другой стороны и увлекающий за собой снежные массы остаточно снижал свою первоначальную скорость и в результате в центре полосы начал формироваться снежный вал.

Показатели высоты снежного покрова на удалении от 5 до 100 м в сторону открытого поля в среднем соответствуют: в первой половине зимы – 45,4 см; во второй половине – 57,5 см; в сторону автодороги: в первой половине зимы – 46,0 см; во второй половине – 55,8 см. В самой лесной полосе высота снежного покрова в первой половине зимы в среднем составляла – 30,8 см; во второй половине – 32,9 см.

Характер распределения снежного покрова в поле – в целом неравномерный.

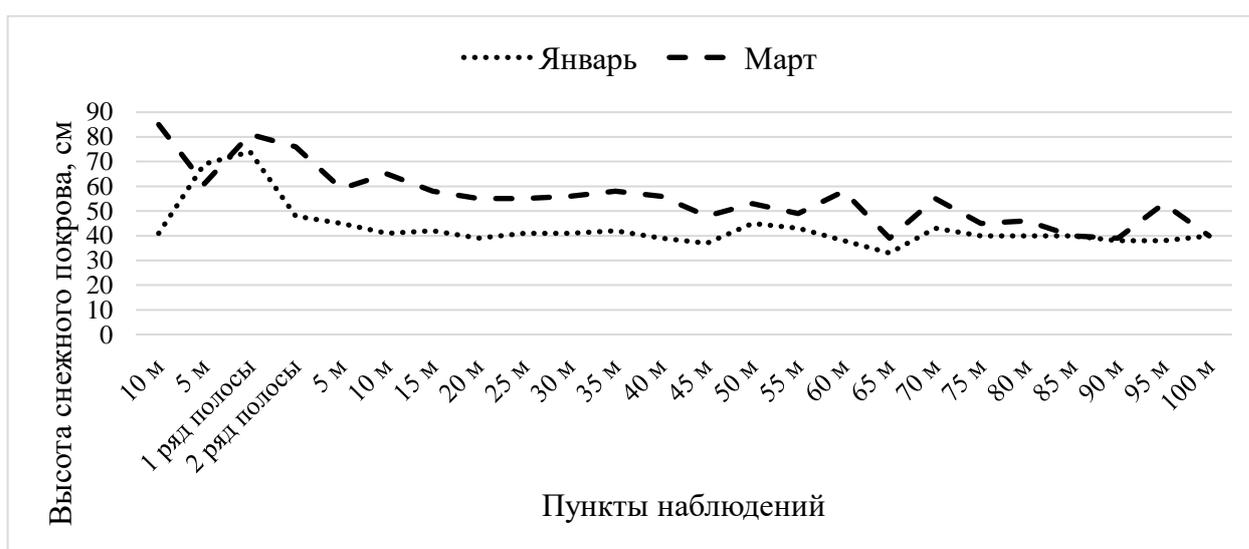


Рисунок 5.17. – Динамика отложения снега под влиянием 2-рядной тополевой полосы ажурной сверху-плотной внизу конструкции (с кустарником), ПП 4

По данным рисунка 5.17. видно, что максимальные показатели высоты снежного покрова наблюдаются в самой полосе и на удалении 5 м, как в сторону автодороги, так и в сторону открытого поля.

Отмечается, что во вторую половину зимы, начиная с расстояния 90 м в направлении лесной полосы, начал постепенно формироваться снежный шлейф (с незначительным отклонением по высоте покрова), и по мере приближения к полосе его высота постепенно увеличивалась. В целом характер отложения и распределения снежного покрова в сторону полосы равномерный.

Из-за наличия кустарника в опушечных рядах (в виде акации жёлтой) и в самой полосе, наблюдается значительное снегонакопление внутри полосы. В центре полосы мощность снежного покрова, как в первой, так и во второй половине зимы в 1,5 раза больше, по сравнению со средним значением высоты снежного покрова на всем расстоянии наблюдений в сторону поля (от 5 до 100 м).

Следует отметить, что во вторую половину зимы в полосе отвода автомобильной дороги формируется значительный по высоте сугроб – до 85 см, что в теории, при очень снежной зиме, может привести к снегозаносу дорожного полотна.

Показатели высоты снежного покрова на удалении от 5 до 100 м в сторону открытого поля в среднем соответствуют: в первой половине зимы – 40,3 см; во второй половине – 51,4 см; в сторону автодороги: в первой половине зимы – 55,0 см; во второй половине – 73,0 см. В самой лесной полосе высота снежного покрова в первой половине зимы в среднем составляла – 61,0 см; во второй половине – 78,5 см.

Характер распределения снежного покрова в поле – в целом равномерный.

По графику снегораспределения (рисунок 5.18.) видно, что наибольшая величина снегоотложений, как в первой половине зимы, так и во второй, наблюдается за полосой (со стороны открытого поля) и перед полосой (в сторону автодороги).

Во второй половине зимы, снежный шлейф со стороны поля начинает формироваться на удалении 40 м от полосы, и достигает высоты 64 см (на удалении 15 м). По мере приближения к самой полосе (с расстояния 15 м), высота снежного шлейфа постепенно уменьшается, а в самой полосе отмечается минимальная высота снегоотложений.

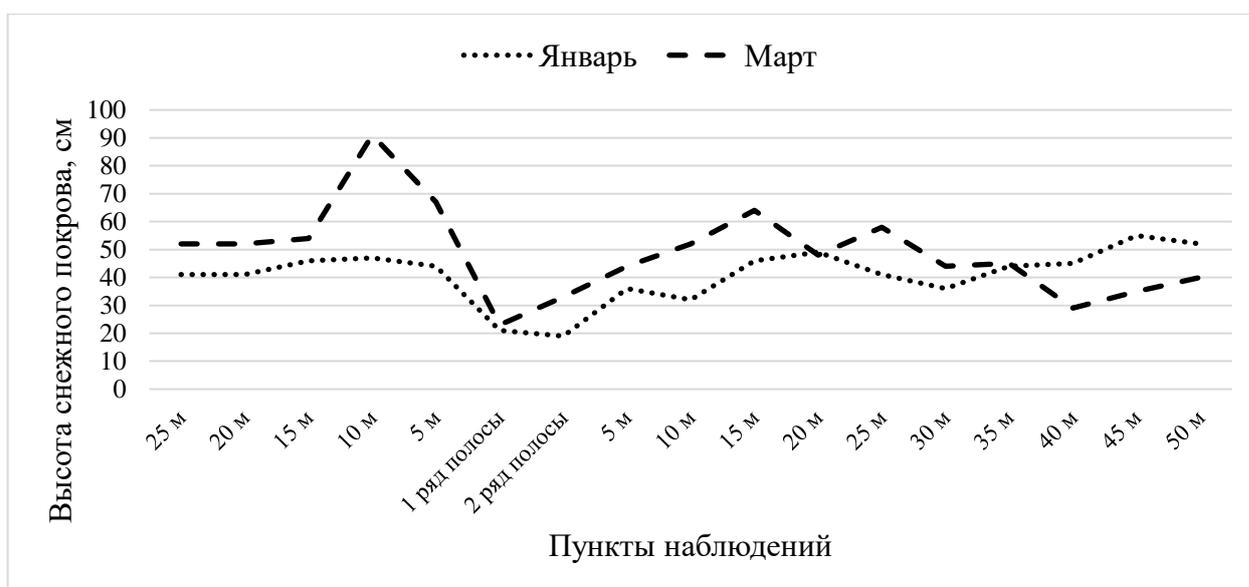


Рисунок 5.18. – Динамика отложения снега под влиянием 2-рядной тополевой полосы ажурной конструкции (с кустарником), ПП 6

В сторону автодороги, в первой половине зимы, снег распределяется практически равномерно, лишь с незначительным увеличением высоты сугроба на удалении от 5 до 15 м от полосы. Во второй половине зимы, начиная от первого ряда полосы, в сторону автодороги (на удалении до 15 м) был сформирован крутой снежный вал. Его вершина находилась на удалении 10 м от полосы и достигала 91 см по высоте. Следует отметить, что в опушечных рядах и в самой полосе произрастает кустарник (акация жёлтая), который способствует существенному снегозадержанию.

Показатели высоты снежного покрова на удалении от 5 до 50 м в сторону открытого поля в среднем соответствуют: в первой половине зимы – 43,6 см; во второй половине – 45,9 см; в сторону автодороги: в первой половине зимы – 43,8 см; во второй половине – 63,2 см. В самой лесной полосе высота снежного покрова в первой половине зимы в среднем составляла – 20,0 см; во второй половине – 28,0 см.

Характер распределения снежного покрова в поле – неравномерный.

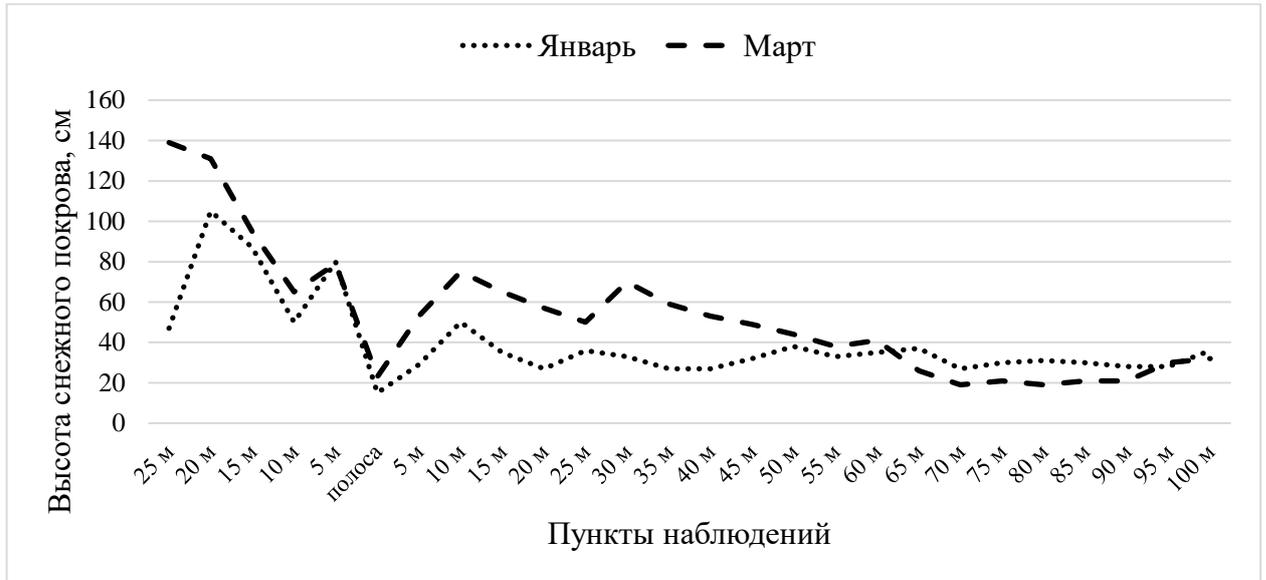


Рисунок 5.19. – Динамика отложения снега под влиянием однорядной тополевой полосы ажурной конструкции, ПП 8

Наблюдения за распределением снега под действием однорядной полосы ажурной конструкции (рисунок 5.19.) показывают, что будучи в безлистном состоянии, данная полоса резко увеличивает свою продуваемость, и вследствие этого, снег приносимый с открытого поля, начинает накапливаться перед полосой, и еще в большей степени в пределах полосы отвода автодороги. В сторону автодороги на удалении от 5 до 20 м от полосы начинает формироваться мощный шлейф снега, который отлагается в виде высокого снежного вала на удалении 25 м от полосы. Вершины данного вала находились на удалении 5 (80 см) и 20 (80 см) м от полосы, в первую половину зимы, и на удалении 25 м (139 см) во вторую половину. В самой защитной полосе наблюдается выдувание снега из-под её полога.

Со стороны открытого поля (от отметки 100 м) по направлению к полосе (до отметки 20 м), формирование снежного покрова в первую половину зимы в целом было равномерное. Снежный вал со стороны поля в первую половину зимы начал формироваться на удалении 10 м от полосы. Во вторую половину зимы, по мере формирования снежного вала, вероятно он сам становится дополнительным

препятствием при перемещении снежных масс. В результате к весне был сформирован мощный снежный шлейф от самой полосы до удаления равного 60 м (в сторону поля).

Показатели высоты снежного покрова на удалении от 5 до 100 м в сторону открытого поля в среднем соответствуют: в первой половине зимы – 32,5 см; во второй половине – 42,2 см; в сторону автодороги: в первой половине зимы – 73,8 см; во второй половине – 101,8 см. В самой лесной полосе высота снежного покрова в первой половине зимы в среднем составляла – 15,0 см; во второй половине – 23,0 см.

Характер распределения снежного покрова в поле – неравномерный.

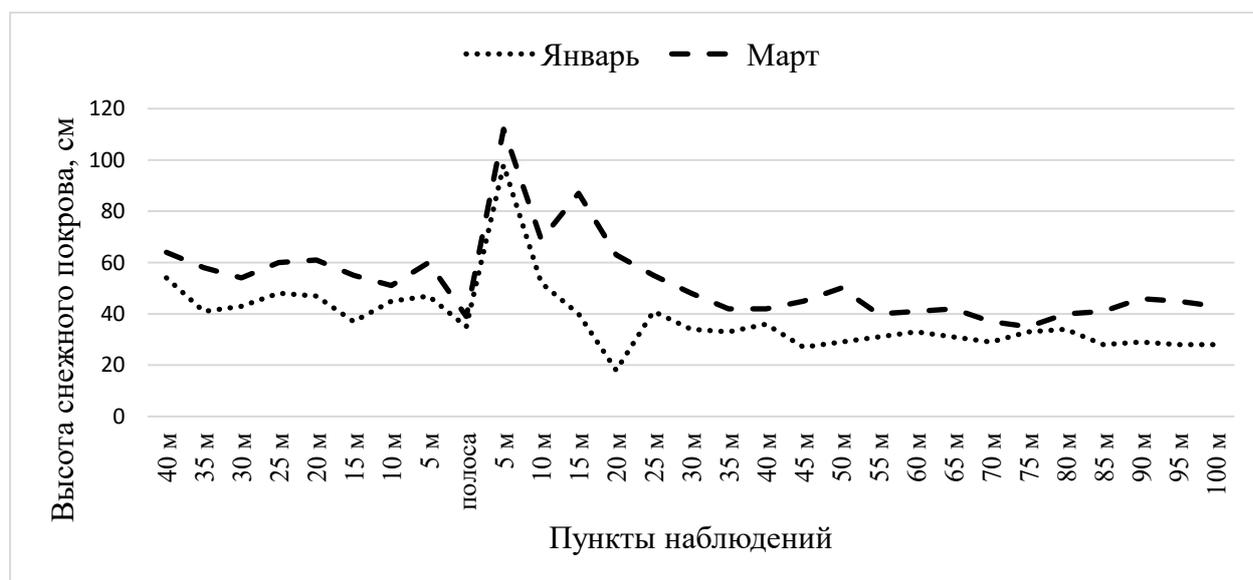


Рисунок 5.20. – Динамика отложения снега под влиянием берёзовой полосы ажурно-плотной конструкции, ПП 9 (с кустарником)

По графику снегораспределения (рисунок 5.20.) видно, что наибольшая величина снегоотложений у полосы ажурно-плотной конструкции наблюдается за полосой (со стороны открытого поля).

В первую половину зимы, со стороны открытого поля (на удалении 15 м от крайнего ряда полосы) был сформирован конусовидный снежный вал, высота которого достигала на удалении 5 м от полосы - 98 см (112 см во вторую половину

зимы), и в 2,8 раза превышала высоту снежного покрова внутри полосы, как в первую, так и во вторую половину зимы. По мере увеличения высоты снежного покрова во вторую половину зимы, данный вал становится дополнительным препятствием в перемещении снега со стороны поля, и тем самым начинает формироваться снежный шлейф от опушки полосы, до удаления 35 м в сторону поля. Отмечается, что в опушечных рядах и в самой полосе произрастает кустарник (яблоня лесная), который способствует существенному снегозадержанию. В самой полосе в целом высота снежного покрова находилась примерно на таком же уровне, как и в открытом поле.

В сторону автодороги, как в первой половине зимы, так и во второй, снег распределяется практически равномерно, лишь с незначительным увеличением высоты сугроба.

Показатели высоты снежного покрова на удалении от 5 до 100 м в сторону открытого поля в среднем соответствуют: в первой половине зимы – 35,6 см; во второй половине – 51,2 см; в сторону автодороги: в первой половине зимы – 45,3 см; во второй половине – 57,9 см. В самой лесной полосе высота снежного покрова в первой половине зимы в среднем составляла – 35,0 см; во второй половине – 39,0 см.

Характер распределения снежного покрова от отметки 35 м от полосы в сторону поля – в целом неравномерный.

По графику снегораспределения (рисунок 5.21.) видно, что наибольшая величина снегоотложений у полосы ажурно-плотной конструкции наблюдается за полосой (со стороны открытого поля).

Данная полоса с кустарником (яблоня дикая) в опушечных рядах задерживает основную массу снега в зоне 5-20 м от полосы (со стороны открытого поля) в первой половине зимы и от крайнего ряда до 30 м - во вторую половину зимы.

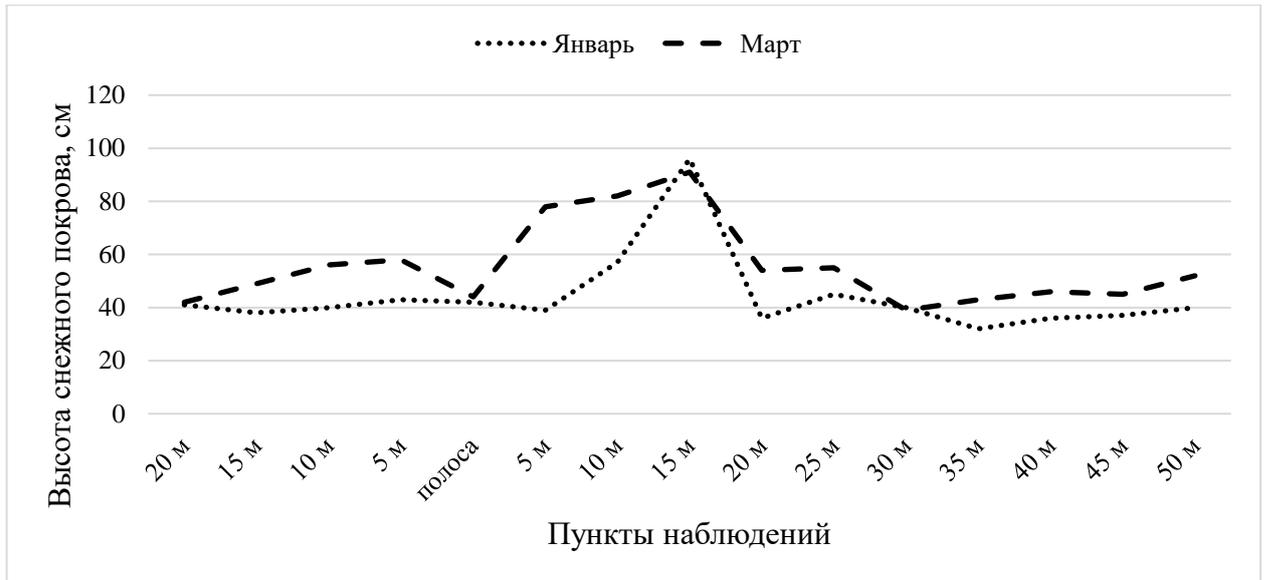


Рисунок 5.21. – Динамика отложения снега под влиянием берёзовой полосы ажурно-плотной конструкции (с кустарником), ПП 10

На близком расстоянии от полосы (15 м) в первую половину зимы со стороны поля был сформирован снежный вал конусовидной формы высотой до 96 см. По графику видно, как за счет данного вала происходит дополнительное снегозадержание в зоне от опушки лесополосы до удаления 15 м от неё. По мере увеличения высоты снежного покрова во вторую половину зимы, данный вал становится дополнительным препятствием в перемещении снега со стороны поля. Вследствие этого начинает формироваться снежный шлейф от опушки полосы, до удаления 30 м в сторону поля.

В сторону автодороги, в первую половину зимы, снег распределяется практически равномерно, а во вторую половину зимы формируется снежный шлейф от полосы в сторону автодороги, но отмечается его уменьшение по мере приближения к ней.

Показатели высоты снежного покрова на удалении от 5 до 50 м в сторону открытого поля в среднем соответствуют: в первой половине зимы – 45,8 см; во второй половине – 58,5 см; в сторону автодороги: в первой половине зимы – 40,5 см; во второй половине – 51,3 см. В самой лесной полосе высота снежного покров

в первой половине зимы в среднем составляла – 42,0 см; во второй половине – 44,0 см.

Характер распределения снежного покрова в поле – неравномерный.

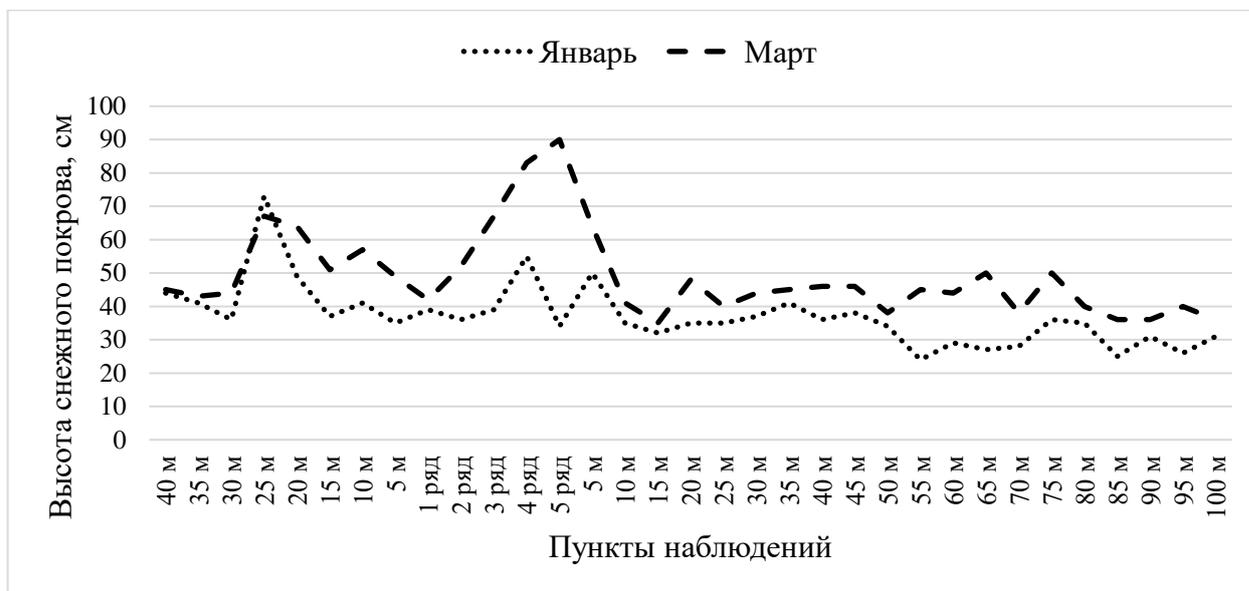


Рисунок 5.22. – Динамика отложения снега под влиянием 5-рядной вязовой полосы ажурно-продуваемой конструкции, ПП 11

Наблюдения за распределением снега под действием 5-рядной полосы ажурно-продуваемой конструкции (рисунок 5.22.) показывают, что данная полоса по своей конструкции является ажурно-продуваемой, но «работает» она как непродуваемая. Большая часть снега задерживается и распределяется внутри полосы, на удалении до 10 м от полосы в сторону поля, и на удалении до 25 м в сторону автодороги.

В первую половину зимы, со стороны открытого поля (на удалении 5 м от крайнего ряда полосы) начал формироваться конусовидный снежный вал, высота которого достигала 50 см. Практически идентичный по высоте (55 см) снежный вал был сформирован внутри полосы (4-й ряд). В сторону автодороги от полосы на удалении 20-25 м был сформирован снежный вал, высотой 73 см. Во второй половине зимы, вероятно из-за большей продуваемости полосы и вследствие

снегоприноса с открытого поля, данный вал становится дополнительным препятствием в перемещении снега. Это способствовало существенному накоплению снега от опушки полосы до удаления 25 м в сторону автодороги и формированию мощного конусовидного сугроба в пологе лесополосы (высотой 90 см). В сторону открытого поля отложение снега неравномерное, наблюдаются зоны выдувания.

Показатели высоты снежного покрова на удалении от 5 до 100 м в сторону открытого поля в среднем соответствуют: в первой половине зимы – 33,3 см; во второй половине – 43,1 см; в сторону автодороги: в первой половине зимы – 44,5 см; во второй половине – 52,5 см. В самой лесной полосе высота снежного покрова в первой половине зимы в среднем составляла – 40,6 см; во второй половине – 66,8 см.

Характер распределения снежного покрова в поле – неравномерный.

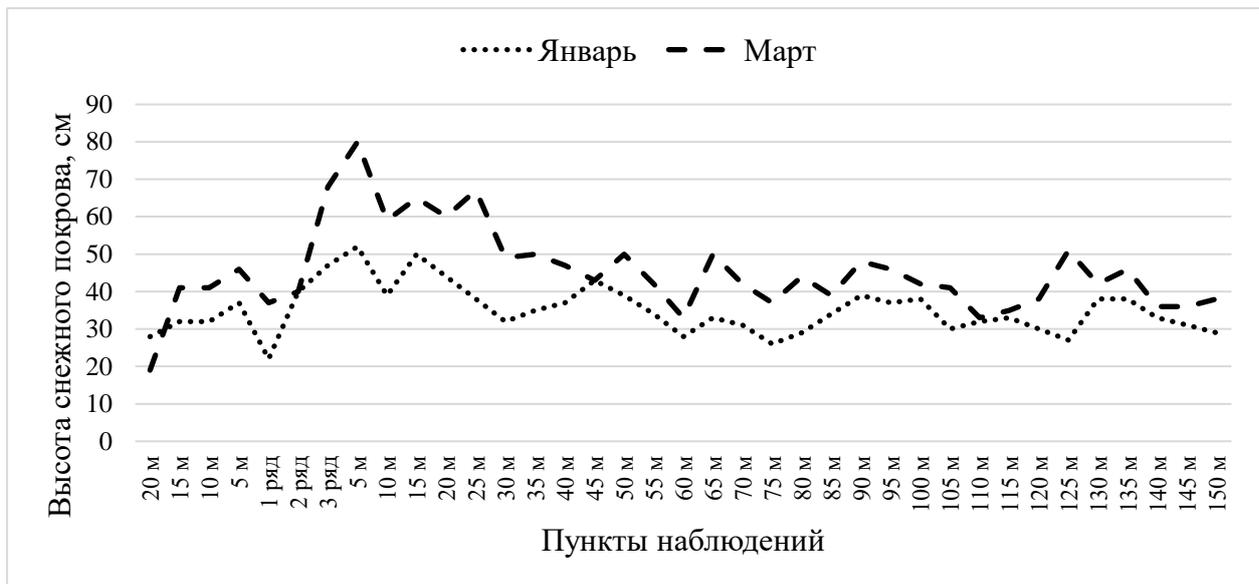


Рисунок 5.23. – Динамика отложения снега под влиянием 3-рядной вязовой полосы плотной конструкции (с кустарником), ПП 13

В первую половину зимы (рисунок 5.23.), внутри полосы, начиная со 2-го ряда в сторону поля начал формироваться сугроб (до отметки 25 м). Снегоотложение в поле выражено неравномерно, наблюдаются как понижения по

высоте (на отметках 30, 60, 75, 105 и 125 м), так и повышения (на отметках 45, 90, 130 м). Такой характер снегоотложений, вероятно, объясняется вихреобразным движением воздушного потока, влекущего за собой снег. В результате этого образуются зоны выдувания и наметывания снежного покрова. В сторону автодороги, в первой половине зимы, снег распределяется в виде шлейфа с постепенным уменьшением высоты в направлении автодороги.

Во вторую половину зимы в пологе лесополосы начиная со 2-го ряда по ранее сформированному сугробу образовался крутой снежный вал, который выходит за пределы лесополосы (до отметки 25 м в сторону поля). Максимальная его высота находилась на отметке 5 м за полосой, и достигала 80 см, что в 2,2 раза больше среднего значения высоты снежного покрова от полосы в сторону автодороги. Следует отметить, что в опушечных рядах у данной защитной полосы произрастает кустарник (акация жёлтая), который способствует существенному снегозадержанию. Наблюдения за снежным покровом в сторону открытого поля (с отметки 25 м от полосы) показали, что высота снега варьировала в пределах от 33 до 51 см, и имела гривно-ложбинный характер.

Показатели высоты снежного покрова на удалении от 5 до 150 м в сторону открытого поля в среднем соответствуют: в первой половине зимы – 35,3 см; во второй половине – 46,3 см; в сторону автодороги: в первой половине зимы – 32,3 см; во второй половине – 36,8 см. В самой лесной полосе высота снежного покрова в первой половине зимы в среднем составляла – 36,3 см; во второй половине – 48,3 см.

Характер распределения снежного покрова от отметки 25 м от полосы в сторону поля – в целом неравномерный.

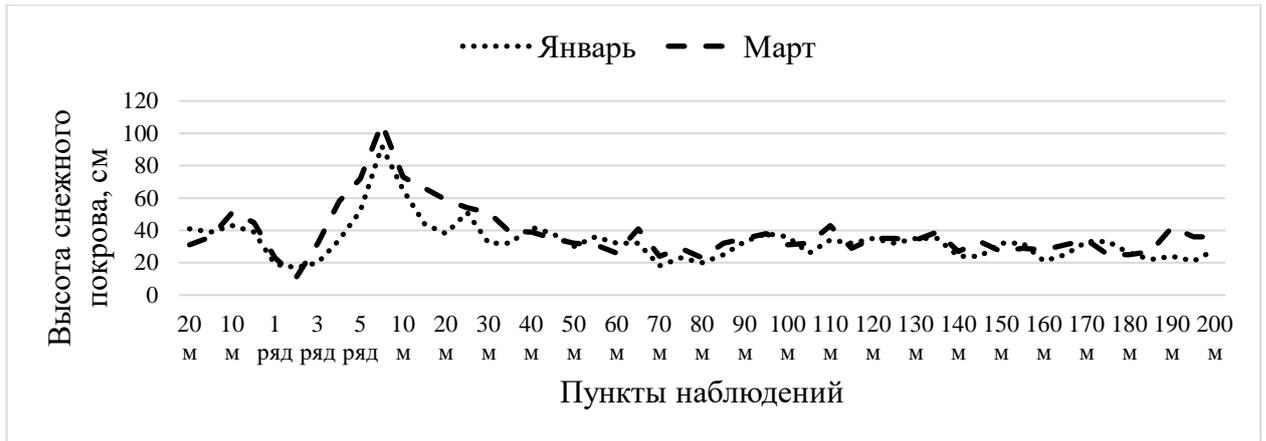


Рисунок 5.24. – Динамика отложения снега под влиянием 4-рядной вязовой полосы плотной конструкции (с кустарником), ПП 14

Наблюдения за распределением снега под действием 4-рядной полосы плотной конструкции (рисунок 5.24.) показывают, что большая часть снега начинает задерживаться и распределяется внутри полосы (с 3-го ряда), до отметки 15 м в сторону поля (в первую половину зимы), и до отметки 35 м (во вторую половину зимы).

В первую половину зимы, со стороны открытого поля (с отметки 15 м от крайнего ряда до 4-го ряда лесополосы) начал формироваться конусовидный снежный вал, высота которого достигала 92 см (на отметке 5 м за полосой).

Во второй половине зимы, вследствие снегоприноса с открытого поля, данный вал становится дополнительным препятствием в перемещении снега, что способствовало существенному его накоплению с отметки 35 м (от полосы в сторону поля) до 4-го ряда лесной полосы. Вершина данного вала достигала 106 см (на отметке 5 м за полосой). В сторону открытого поля отложение снега неравномерное, наблюдаются зоны выдувания, но по сравнению с полосой аналогичной конструкции (ПП 13) они менее выражены. Следует отметить, что в опушечных рядах у данной полосы произрастает кустарник (акация жёлтая), который способствует существенному снегозадержанию.

Показатели высоты снежного покрова на удалении от 5 до 200 м в сторону открытого поля в среднем соответствуют: в первой половине зимы – 33,3 см; во

второй половине – 37,8 см; в сторону автодороги: в первой половине зимы – 40,5 см; во второй половине – 40,8 см. В самой лесной полосе высота снежного покрова в первой половине зимы в среднем составляла – 28,4 см; во второй половине – 39,2 см.

Характер распределения снежного покрова от отметки 35 м от полосы в сторону поля – в целом неравномерный.

5.2.1. Снегораспределение под влиянием системы придорожных защитных лесных полос

Придорожные снегозащитные полосы становятся более эффективными если располагаются по обе стороны от автодороги. Параллельное расположение защитных лесных полос (автодорога между ними) позволяет лучшим образом задерживать и накапливать снег, сдуваемый с прилегающих агроландшафтов в сторону автодороги, особенно в условиях частой смены направления господствующих ветров.

Влияние системы придорожных лесных полос на накопление и перераспределение снежных масс в зоне своего мелиоративного влияния приведено на рисунках 5,25., 5,28., 5.30..

Наблюдения за распределением снега под действием системы берёзовых полос ажурной конструкции (рисунок 5.25.) показывают, что большая часть приносимого с поля снега начинает задерживаться на удалении 15-65 м от полосы (ПП 1). Снег на данном расстоянии со стороны поля задерживается за счет естественного возобновления (рисунок 5.26.).

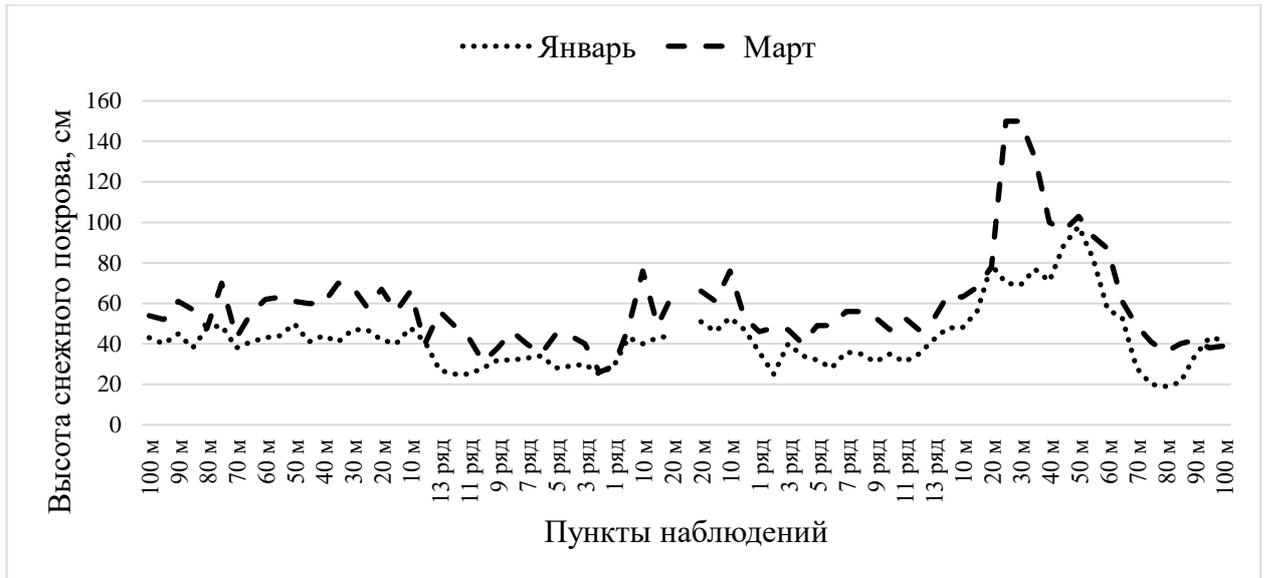


Рисунок 5.25. – Динамика отложения снега в системе «автодорога – защитные полосы» под влиянием 13-рядных берёзовых полос ажурной конструкции.

Примечание: ПП 12 слева, ПП 1 справа по рисунку.

В первую половину зимы (ПП 1), со стороны открытого поля (с отметки от 15 до 65 м от полосы) начал формироваться крутой конусовидный снежный вал, высота его достигала 98 см (на отметке 50 м от полосы). Во второй половине зимы, вследствие снегоприноса с открытого поля, данный вал становится дополнительным препятствием в перемещении снега, что способствовало существенному его накоплению с отметки 5 м до отметки 70 м. Вершина вала достигала 150 см (на отметке 25-30 м за полосой). Под пологом лесной полосы высота снежного покрова варьировала от 25 до 42 см в первую половину зимы, и от 40 до 56 см – во вторую.

У противоположной защитной полосы (ПП 12) со стороны открытого поля, как в первую, так и во вторую половину зимы высота снежного покрова в среднем была в 1,5 раза выше, чем в самой полосе. Под пологом лесной полосы высота снежного покрова варьировала от 25 до 34 см в первую половину зимы, и от 26 до 56 см – во вторую.

Показатели высоты снежного покрова на удалении от 5 до 100 м в сторону открытого поля у полосы (ПП 1) в среднем соответствуют: в первой половине зимы – 55,2 см; во второй половине – 76,5 см; в сторону автодороги: в первой половине зимы – 49,3 см; во второй половине – 64,0 см. В самой лесной полосе высота снежного покрова в первой половине зимы в среднем составляла – 33,8 см; во второй половине – 49,5 см.

Показатели высоты снежного покрова на удалении от 5 до 100 м в сторону открытого поля у полосы (ПП 12) в среднем соответствуют: в первой половине зимы – 43,5 см; во второй половине – 58,8 см; в сторону автодороги: в первой половине зимы – 42,5 см; во второй половине – 59,3 см. В самой лесной полосе высота снежного покрова в первой половине зимы в среднем составляла – 29,0 см; во второй половине – 40,2 см.

Характер распределения снежного покрова от полос в сторону поля – в целом неравномерный.



Рисунок 5.26 – Отложение снега в направлении автодороги у ажурной придорожной полосы (ПП 1)



Рисунок 5.27 – Естественное возобновление со стороны открытого поля у ажурной придорожной полосы (ПП 1)

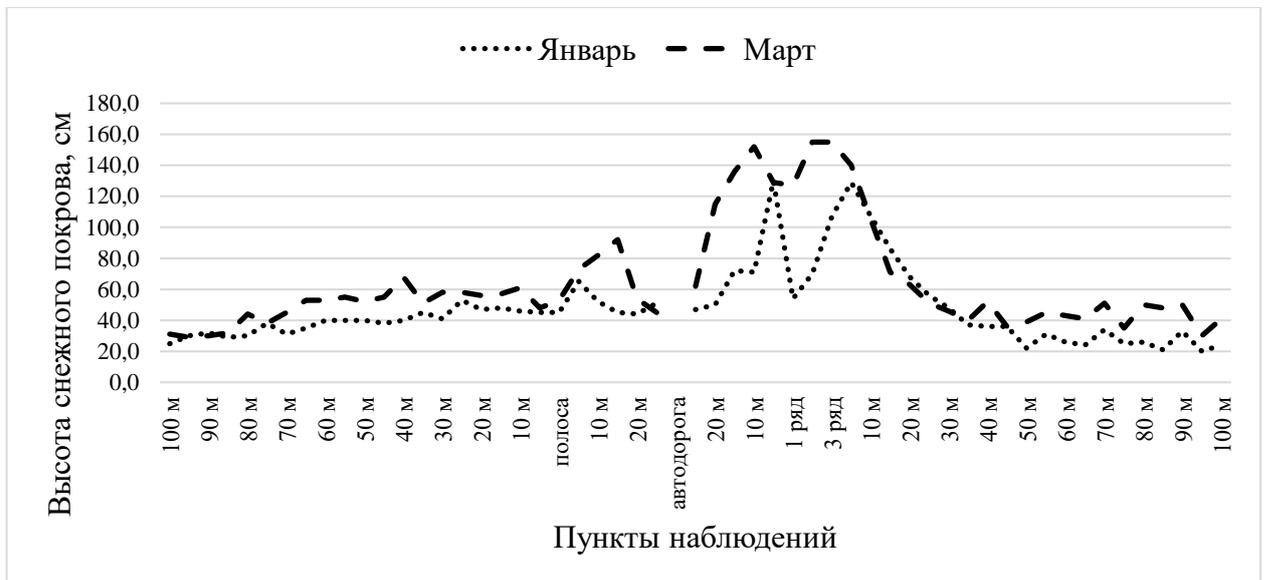


Рисунок 5.28. – Динамика отложения снега в системе «автосторога – защитные полосы» под влиянием однорядной сосновой полосы (с кустарником), и клёновой полосы.

Примечание: ПП 3 слева, ПП 5 справа по рисунку.

График снегораспределения (рисунок 5.28.) показывает, как под действием системы полос, состоящей из сосновой полосы (редкой вверху (крупносетчатая) и плотной внизу конструкции) и клёновой полосы (ажурно-плотной конструкции) происходит задержание и накопление снежных масс.

В первую половину зимы (ПП 5), со стороны открытого поля (с отметки 35 м от крайнего ряда до 1-го ряда лесополосы) начал формироваться конусовидный снежный вал, высота его достигала 129 см (на отметке 5 м за полосой в сторону поля). Аналогичный снежный вал был сформирован на опушке полосы в сторону автодороги на удалении от 5 до 20 м. Высота его достигала 130 см (на отметке 5 м от полосы). Следует отметить, что снег на опушке (со стороны поля) задерживается за счет естественного возобновления.

Во второй половине зимы, вследствие снегоприноса с открытого поля, снежный вал (со стороны поля) на ПП 5, становится дополнительным препятствием в перемещении снега, что способствовало существенному его накоплению с отметки 35 м (со стороны поля) до отметки 25 м в сторону автодороги. У данного вала наблюдалось несколько вершин. Первая была под пологом полосы между 2-м и 3-м рядом (155 см), а вторая вершина была на отметке 10 м в сторону автодороги (152 см), рисунок 5.29. Хотя данный снежный вал не выходил на обочину автодороги, существует вероятность, что в многоснежные зимы с сильными ветрами, на данном участке могут наблюдаться наметывания снега на автодорогу.

У противоположной защитной полосы (ПП 3) в первую половину зимы со стороны открытого поля (с отметки 100 м от полосы) начал постепенно формироваться снежный шлейф. В сторону автодороги на опушке полосы (на удалении 5-10 м) был сформирован снежный вал. Высота его достигала 65 см (на отметке 5 м в сторону автодороги). Следует отметить, что снег на опушке (со стороны автодороги) задерживается за счет кустарника (ива ломкая).

На опушке полосы до отметки 5 м в сторону поля, во вторую половину зимы, наблюдается зона выдувания. За счет кустарника в сторону автодороги накапливается значительное количество снега и формируется конусовидный

снежный вал (от самой полосы до отметки 20 м в сторону автодороги). Вершина вала достигала 92 см (на отметке 15 м от полосы).

Показатели высоты снежного покрова на удалении от 5 до 100 м в сторону открытого поля у полосы (ПП 5) в среднем соответствуют: в первой половине зимы – 44,5 см; во второй половине – 53,9 см; в сторону автодороги: в первой половине зимы – 74,0 см; во второй половине – 118,8 см. В самой лесной полосе высота снежного покрова в первой половине зимы в среднем составляла – 77,0 см; во второй половине – 145,7 см.

Показатели высоты снежного покрова на удалении от 5 до 100 м в сторону открытого поля у полосы (ПП 3) в среднем соответствуют: в первой половине зимы – 38,7 см; во второй половине – 48,7 см; в сторону автодороги: в первой половине зимы – 51,4 см; во второй половине – 69,2 см. Под пологом лесной полосы высота снежного покрова в первой половине зимы в среднем составляла – 45,0 см; во второй половине – 53,0 см.

Характер распределения снежного покрова от полос в сторону поля – в целом неравномерный.



Рисунок 5.29. – Отложение снега в направлении автодороги у придорожной полосы ажурно-плотной конструкции (ПП 5)

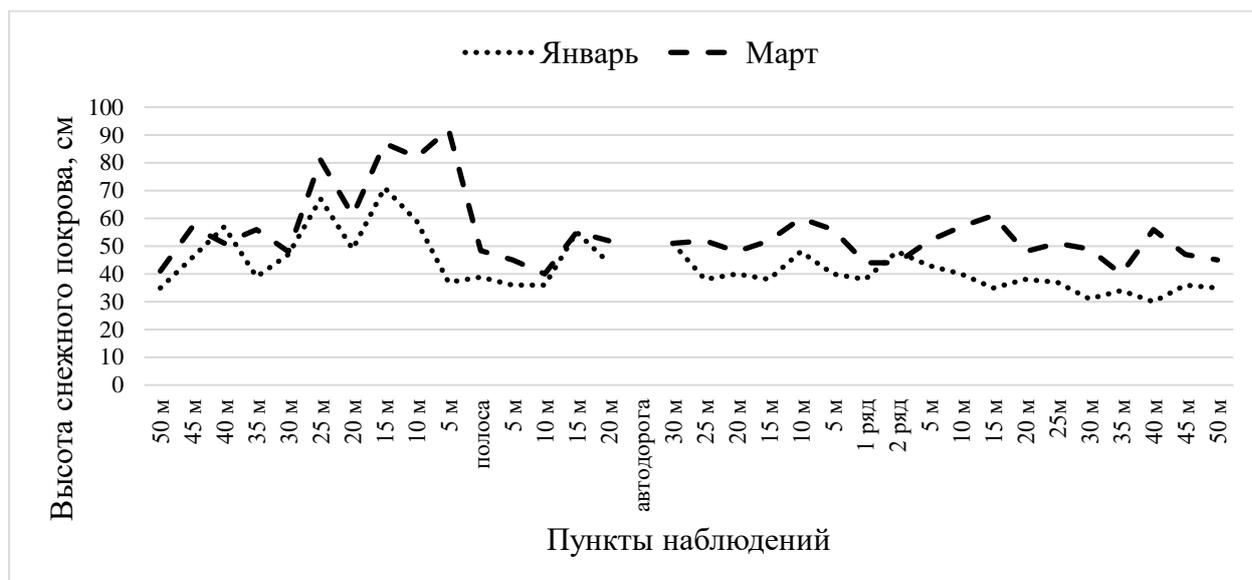


Рисунок 5.30. – Динамика отложения снега в системе автодорога защитные-полосы под влиянием тополевых полос ажурной конструкции.

Примечание: ПП 7 слева, ПП 15 справа по рисунку.

Наблюдения за распределением снега под действием системы тополевых полос ажурной конструкции (рисунок 5.30.) показывают, что большая часть приносимого с поля снега начинает задерживаться на удалении 10-30 м от полосы (ПП 7). Снег на данном расстоянии со стороны поля задерживается за счет естественного возобновления (рисунок 5.31.).

В первую половину зимы (ПП 7), со стороны открытого поля (с отметки от 10 до 30 м от полосы) начал формироваться конусовидный снежный вал, с вершинами на отметках 15 м (71 см) и 25 м (67 см). Во второй половине зимы, вследствие снегоприноса с открытого поля, данный вал становится дополнительным препятствием в перемещении снега, что способствует существенному его накоплению с отметки 25 м до 5-го ряда полосы. Вершина вала достигала 92 см (на отметке 5 м за полосой). Под пологом лесной полосы высота снежного покрова варьировала от 27 до 55 см в первую половину зимы, и от 32 до 67 см – во вторую.

У противоположной защитной полосы (ПП 15) со стороны открытого поля, в первую половину зимы снег начал задерживаться на опушке вторым рядом лесополосы (высота снежного вала – 48 см). Аналогичный по высоте (48 см) снежный вал был сформирован в сторону автодороги, на удалении 10 м от полосы. Во вторую половину зимы за счет данных снежных валов наблюдается накапливание снега, и формируется неравномерный снежный шлейф в сторону поля с вершиной (61 см) на отметке 15 м. Под пологом лесной полосы наблюдается зона выдувания, высота снежного покрова здесь меньше чем в сторону автодороги и поля.

Показатели высоты снежного покрова на удалении от 5 до 50 м в сторону открытого поля у полосы (ПП 7) в среднем соответствуют: в первой половине зимы – 50,7 см; во второй половине – 65,6 см; в сторону автодороги: в первой половине зимы – 42,8 см; во второй половине – 48,0 см. В самой лесной полосе высота снежного покрова в первой половине зимы в среднем составляла – 38,8 см; во второй половине – 48,4 см.

Показатели высоты снежного покрова на удалении от 5 до 50 м в сторону открытого поля у полосы (ПП 15) в среднем соответствуют: в первой половине зимы – 35,9 см; во второй половине – 50,6 см; в сторону автодороги: в первой половине зимы – 42,5 см; во второй половине – 53,2 см. В самой лесной полосе высота снежного покрова в первой половине зимы в среднем составляла – 43,0 см; во второй половине – 44,0 см.

Характер распределения снежного покрова от полос в сторону поля – в целом неравномерный.



Рисунок 5.31. – Снегозадержание за счет естественного возобновления со стороны открытого поля у ажурной придорожной полосы (ПП 7)

5.3. Характеристика снежного покрова под влиянием придорожных защитных лесных полос

Материалы выборочной снегосъемки (таблица 5.2) в различных по составу и мелиоративным характеристикам придорожных полосах, по ранее заложенным профилям, и различным направлениям исследуемых полос относительно господствующих зимних ветров свидетельствуют, что высота, плотность снежного покрова и запас воды в нём имеют существенные различия.

Результаты снегосъемки в пределах полосы ажурной конструкции (ПП 1) свидетельствуют, что на удалении 25-30 м в сторону открытого поля наблюдается практически 3-х кратное увеличение высоты снежного покрова по сравнению с другими точками наблюдений, и соответственно, запаса влаги в нём. Данный факт

объясняется наличием естественного возобновления, за счёт которого снег сдуваемый в сторону полосы с открытых пространств активно задерживается. Высота снежного покрова по всему исследуемому профилю колеблется в пределах от 51 до 150 см. Среднее значение мощности снежного покрова от полосы в сторону открытого поля (на удалении от 5 до 30 м) составляет – 91,8 см.

8-рядная тополевая полоса ажурно-продуваемой конструкции (ПП 2) более равномерно распределяет снег по профилю на исследуемом расстоянии. Высота его колеблется в пределах от 41 до 59 см. Среднее значение мощности снежного покрова от полосы в сторону открытого поля (на удалении от 5 до 30 м) составляет – 53,5 см.

Защитная полоса (ПП 8) ажурной конструкции по данным снегосъемки, накапливает значительное количество снежных масс в пределах автодороги на удалении от 20 до 30 м от полосы. Средняя высота сугроба в этих точках равна 130,7 см. В самой полосе высота снежного покрова имеет минимальное значение (29 см). Вероятно, из-за сильной ветропроницаемости между стволами - снег здесь задерживается слабо. Среднее значение мощности снежного покрова от полосы в сторону открытого поля (на удалении от 5 до 30 м) составляет – 60,7 см.

Полоса ажурно-продуваемой конструкции (ПП 11) начинает активно накапливать снег со стороны открытого поля (на удалении 5 м от крайнего ряда). Средняя высота снежного шлейфа на удалении 5 м за полосой (со стороны поля) и до удаления 30 м от полосы в направлении автодороги составляет 55,3 см. Среднее значение мощности снежного покрова от полосы в сторону открытого поля (на удалении от 5 до 30 м) составляет – 44,0 см.

Полоса плотной конструкции (ПП 13) способствует накоплению значительного количества снежных масс со стороны открытого поля вплоть до центра самой лесополосы. Средняя высота сугроба на удалении 25 м (со стороны открытого поля) в направлении полосы (до её центра) равна 64,7 см. Присутствие кустарника в опушечных рядах является фактором способствующим дополнительному снегозадержанию. Среднее значение мощности снежного

покрова от полосы в сторону открытого поля (на удалении от 5 до 30 м) составляет – 61,2 см.

Результаты снегосъемки в пределах придорожной полосы плотной конструкции (ПП 14) свидетельствуют о том, что данная полоса способствует большему накоплению снежных масс со стороны открытого поля. Наибольшая высота снежного покрова зафиксирована на удалении 5 м от крайнего ряда лесополосы. Отмечается, что в опушечных рядах произрастает кустарник, что способствует дополнительному снегозадержанию. Среднее значение мощности снежного покрова от полосы в сторону открытого поля (на удалении от 5 до 30 м) составляет – 69,3 см.

Таблица 5.2 - Характеристика снежного покрова в пределах придорожных полос по данным снегосъемки первой декады марта

Точки наблюдений		ПП 1	ПП 2	ПП 8	ПП 11	ПП 13	ПП 14
1		2	3	4	5	6	7
Высота снежного покрова, см							
в сторону автодороги	40 м	–	–	–	41	–	–
	35 м	–	–	–	42	–	–
	30 м	–	–	127	51	–	–
	25 м	–	42	135	56	–	–
	20 м	–	55	130	54	20	33
	15 м	51	40	85	50	37	36
	10 м	62	50	59	58	43	43
	5 м	59	58	79	49	43	45
центр полосы		51	51	29	60	67	43
в сторону поля	5 м	61	41	54	64	75	120
	10 м	59	57	75	36	58	69
	15 м	58	57	62	35	64	59
	20 м	77	49	58	47	59	63
	25 м	146	58	48	42	65	55
	30 м	150	59	67	40	46	50
Плотность снежного покрова, кг/м ³							
в сторону автодороги	40 м	–	–	–	184,48	–	–
	35 м	–	–	–	106,63	–	–
	30 м	–	–	275,84	107,33	–	–
	25 м	–	317,52	300,04	156,39	–	–
	20 м	–	206,28	296,27	121,64	199,04	186,98
	15 м	173,68	181,63	309,10	127,39	193,67	237,75
	10 м	144,47	161,23	239,53	126,98	180,53	210,62
	5 м	180,49	247,09	229,28	93,43	222,19	201,26

Окончание таблицы 5.2

центр полосы		189,29	216,61	216,20	197,39	187,16	208,30
в сторону поля	5 м	161,52	177,20	206,42	166,39	191,08	257,93
	10 м	156,87	151,90	272,03	251,57	200,76	237,99
	15 м	133,84	87,30	223,12	238,85	202,15	180,49
	20 м	116,32	176,70	240,23	228,69	209,17	129,54
	25 м	206,54	190,47	257,10	187,20	166,89	152,00
	30 м	171,18	229,41	271,83	238,85	214,19	123,41
Запас воды в снежном покрове, мм							
в сторону автодороги	40 м	–	–	–	75,64	–	–
	35 м	–	–	–	44,79	–	–
	30 м	–	–	350,32	54,74	–	–
	25 м	–	133,36	405,06	87,58	–	–
	20 м	–	113,46	385,15	65,68	39,81	61,70
	15 м	88,57	72,65	262,74	63,69	71,66	85,59
	10 м	89,57	80,61	141,32	73,65	77,63	90,57
	5 м	106,49	143,31	181,13	45,78	95,54	90,57
центр полосы		96,54	110,47	62,70	118,43	125,40	89,57
в сторону поля	5 м	98,53	72,65	111,46	106,49	143,31	309,51
	10 м	92,56	86,58	204,02	90,57	116,44	164,21
	15 м	77,63	49,76	138,34	83,60	129,38	106,49
	20 м	89,57	86,58	139,33	107,48	123,41	81,61
	25 м	301,55	110,47	123,41	78,62	108,48	83,60
	30 м	256,77	135,35	182,13	95,54	98,53	61,70

Примечание: Замеры высоты снежного покрова от защитных полос до автодороги проводились таким образом, чтобы исключить возможность влияния механического фактора образования сугроба (расчистка полотна автодороги техникой). Фактическое расстояние от полосы до автодороги приведено в таблице - «Конструктивно-мелиоративная характеристика придорожных защитных полос».

На рисунках 5.32. – 5.37. приведены данные по плотности снежного покрова и запаса снеговой воды на различном удалении от полос.

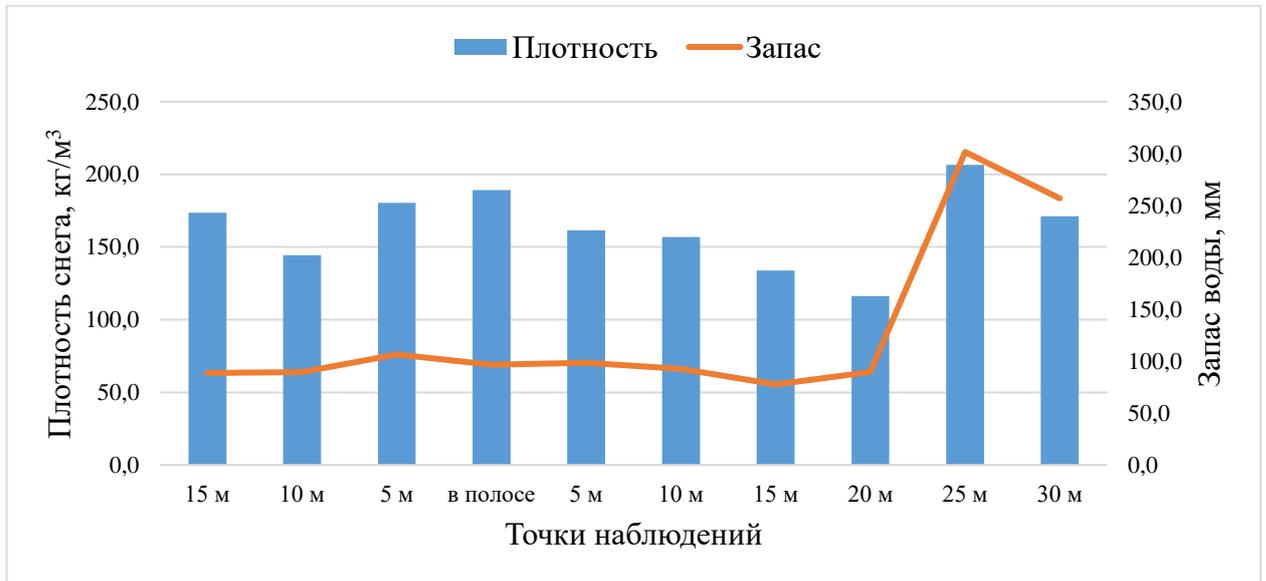


Рисунок 5.32. – Показатели плотности снежного покрова и запаса снеговой воды в пределах защитной полосы ажурной конструкции (ПП 1)

Примечание: слева от полосы по рисунку – северная опушка, справа – южная

Зона повышенного содержания снеговой воды в пределах полосы ажурной конструкции (рисунок 5.32., ПП 1) находится на удалении от 30 до 25 м со стороны открытого поля и составляет – 256,8 и 301,6 мм соответственно. По мере приближения к лесной полосе запас снеговой воды существенно снижается и колеблется в пределах 77,6-106,5 мм. В свою очередь плотность снега начиная с расстояния 20 м в сторону полосы постепенно увеличивается и достигает максимума в полосе (189,3 кг/м³). Среднее значение плотности снежного покрова от полосы в сторону открытого поля (на удалении от 5 до 30 м) составляет – 157,71 кг/м³; средний запас снеговой воды – 152,77 мм.

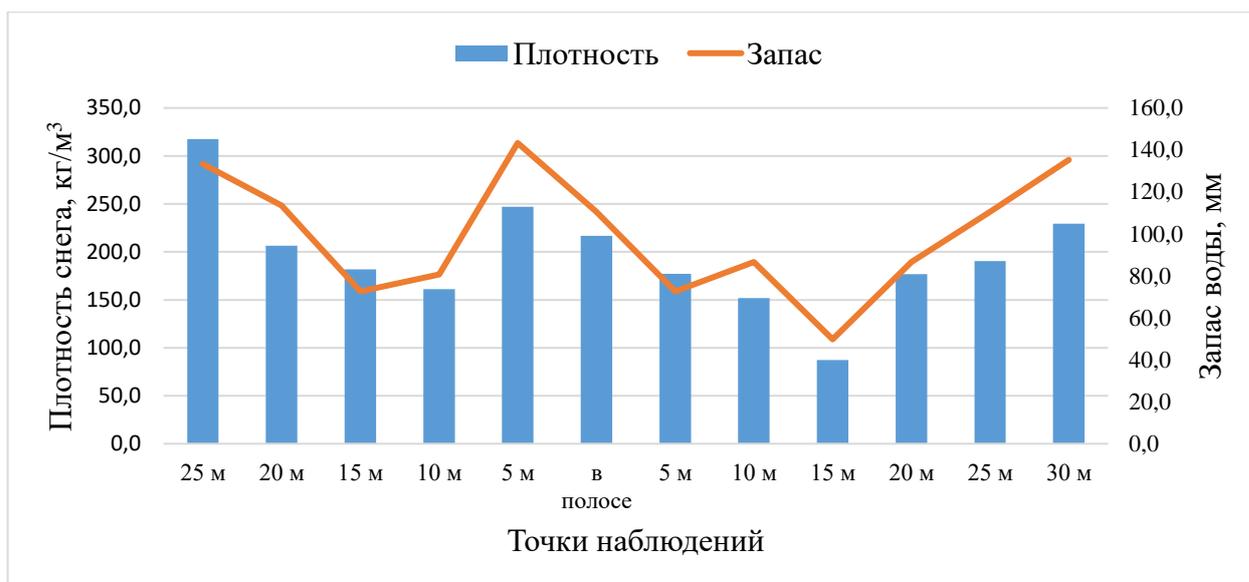


Рисунок 5.33. – Показатели плотности снежного покрова и запаса снеговой воды в пределах защитной полосы ажурно-продуваемой конструкции (ПП 2)

Примечание: слева от полосы по рисунку – северная опушка, справа – южная

Данные рисунка 5.33. свидетельствуют, что в пределах полосы ажурно-продуваемой конструкции (ПП 2) запас снеговой воды варьирует в значительных пределах (от 49,8 мм до 143 мм), как со стороны открытого поля, так и в сторону автодороги. Максимальные значения запаса снеговой воды наблюдаются на удалении 5 м (143,3 мм) и 25 м (133,4 мм) от полосы в сторону автодороги и на удалении 30 м (135,4 мм) в сторону поля. Плотность снега на протяжении всего исследуемого профиля как в сторону автодороги, так и в сторону поля варьирует в широких пределах – от 87,3 до 317,5 кг/м³. Среднее значение плотности снежного покрова от полосы в сторону открытого поля (на удалении от 5 до 30 м) составляет – 168,83 кг/м³; средний запас снеговой воды – 90,23 мм.

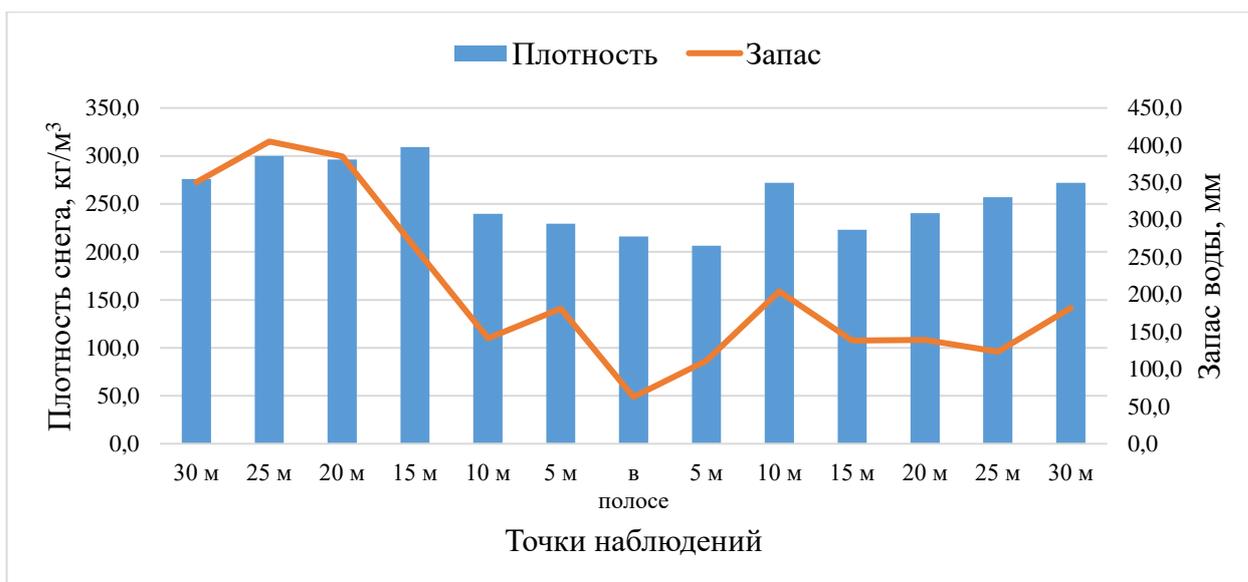


Рисунок 5.34. – Показатели плотности снежного покрова и запаса снеговой воды в пределах защитной полосы ажурной конструкции (ПП 8)

Примечание: слева от полосы по рисунку – западная опушка, справа – восточная

Зона повышенного содержания снеговой воды в пределах полосы ажурной конструкции (рисунок 5.34., ПП8) находится на удалении от 20 до 30 м в сторону автодороги и составляет – от 350,3 до 405,1 мм. По графику видно, что со стороны открытого поля, по мере приближения к защитной полосе (за исключением точки наблюдений в 10 м от полосы в сторону поля), наблюдается незначительное понижение плотности снега, а затем от полосы в сторону автодороги наоборот – увеличение плотности. На наш взгляд, это связано в первую очередь с конструкцией полосы и ветровым режимом. Вероятно, под уплотняющим действием ветра и вновь образующихся слоев снега (приносимых к автодороге со стороны поля) плотность его существенно возрастает и варьирует в пределах от 275 до 309,1 кг/м³ на удалении от 15 до 30 м в сторону автодороги. Среднее значение плотности снежного покрова от полосы в сторону открытого поля (на удалении от 5 до 30 м) составляет – 245,12 кг/м³, средний запас снеговой воды – 149,78 мм.

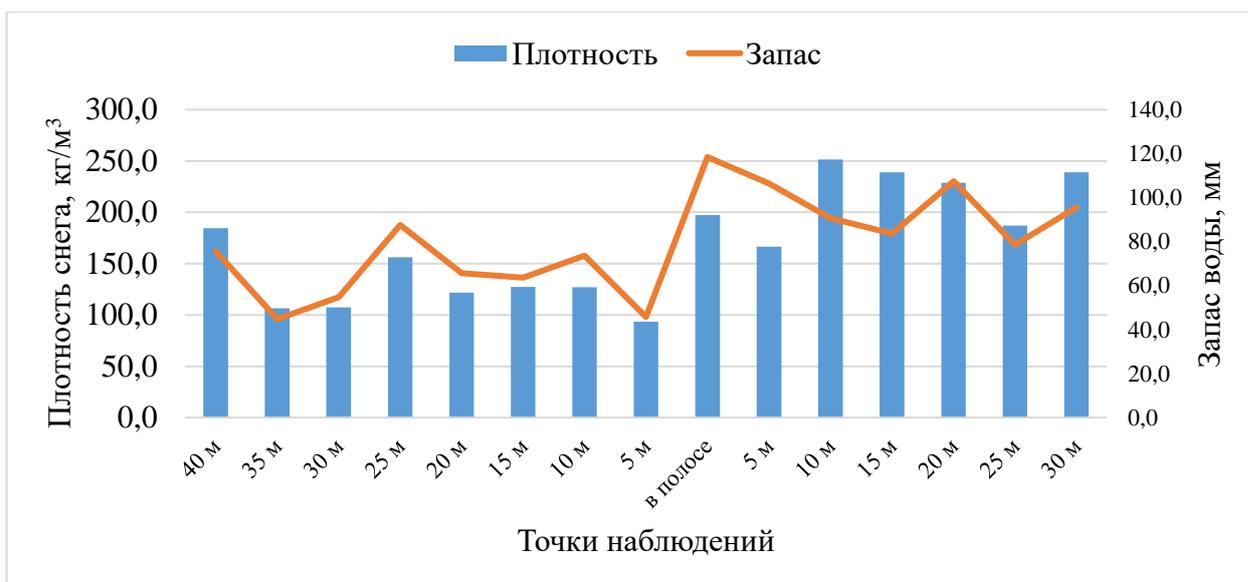


Рисунок 5.35. – Показатели плотности снежного покрова и запаса снеговой воды в пределах защитной полосы ажурно-продуваемой конструкции (ПП 11)

Примечание: слева от полосы по рисунку – северо-западная опушка, справа – юго-восточная

Зона повышенного содержания снеговой воды и плотности снежного покрова находится у полосы ажурно-продуваемой конструкции (ПП 11) (рисунок 5.35.) со стороны поля. Наибольший показатель содержания снеговой воды зафиксирован в полосе и равен 118,4 мм. Плотность снежного покрова варьирует в значительных пределах, от 93,4 до 251,6 кг/м³ по всем точкам наблюдений. Среднее значение плотности снежного покрова от полосы в сторону открытого поля (на удалении от 5 до 30 м) составляет – 218,59 кг/м³. На аналогичном расстоянии от полосы в сторону автодороги средняя плотность равна 122,19 кг/м³; средний запас снеговой воды – 93,72 мм.

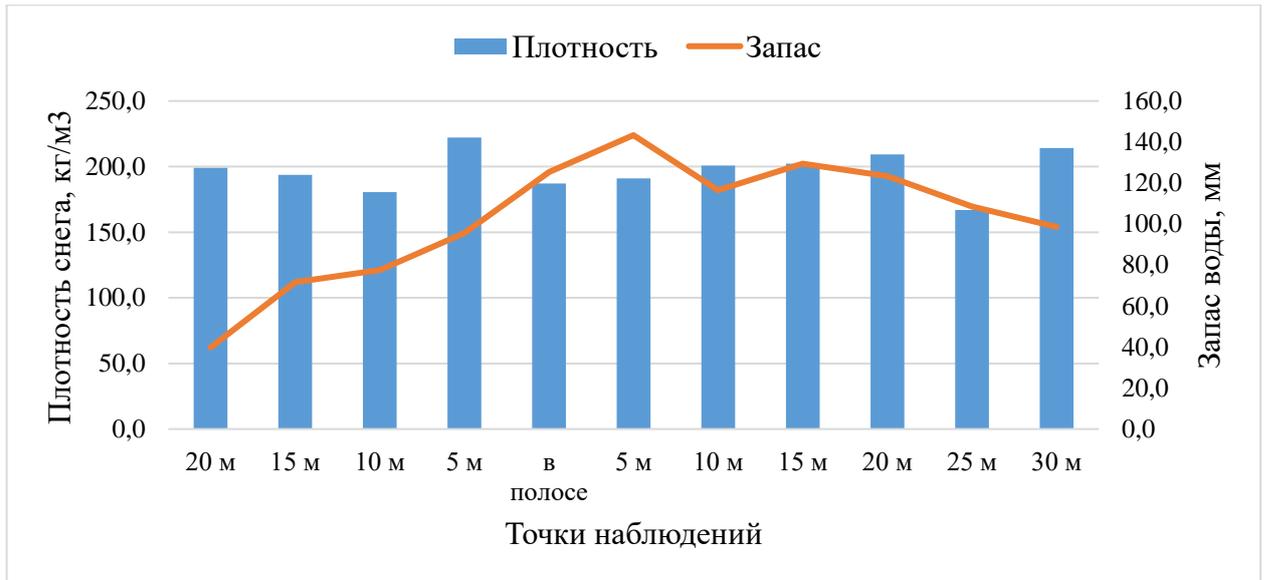


Рисунок 5.36. – Показатели плотности снежного покрова и запаса снеговой воды в пределах защитной полосы плотной конструкции (ПП 13)

Примечание: слева от полосы по рисунку – западная опушка, справа – восточная

По рисунку 5.36. видно, что у полосы плотной конструкции (ПП 13) плотность снежного покрова в целом выражена более равномерно по всем точкам наблюдений, и варьирует от 166,9 до 222,2 кг/м³. Наибольший показатель содержания снеговой воды зафиксирован на удалении 5 м в сторону поля, и равен 143,3 мм. В этом же направлении находится зона повышенного содержания снеговой воды. Среднее значение плотности снежного покрова от полосы в сторону открытого поля (на удалении от 5 до 30 м) составляет – 197,37 кг/м³, средний запас снеговой воды – 119,92 мм.

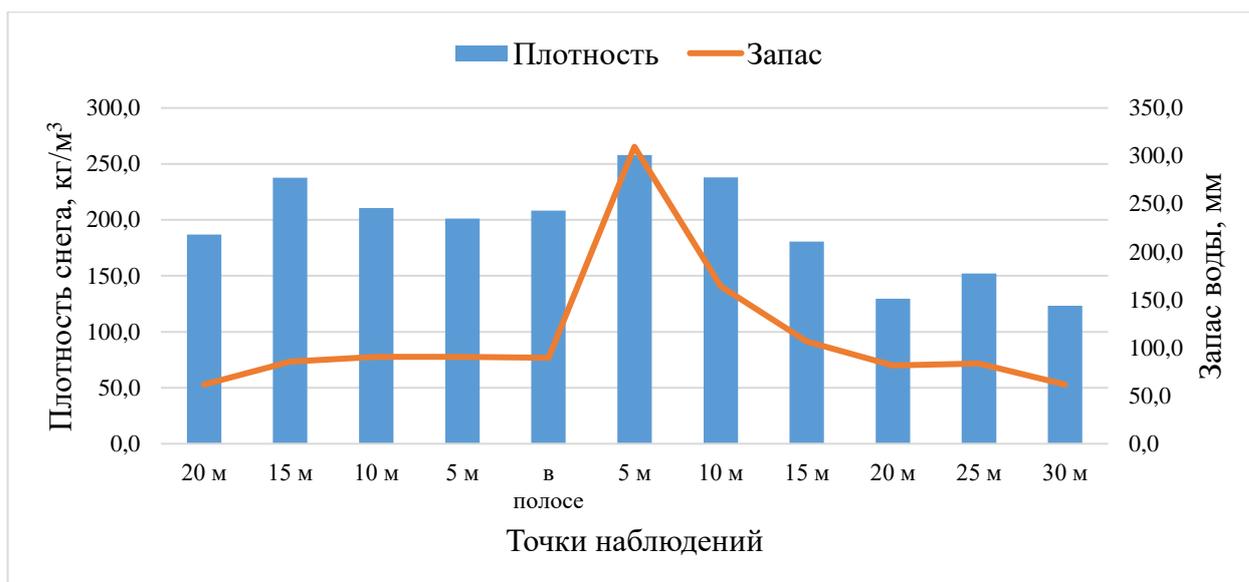


Рисунок 5.37. – Показатели плотности снежного покрова и запаса снеговой воды в пределах защитной полосы плотной конструкции (ПП 14)

Примечание: слева от полосы по рисунку – западная опушка, справа – восточная

Данные рисунка 5.37. свидетельствуют, что на удалении 5 м в сторону открытого поля у полосы плотной конструкции (ПП 14) выделяется зона с довольно значительными запасами снеговой воды (до 309,5 мм). При дальнейшем удалении от данного пункта запас снеговой воды начинает постепенно снижаться и на удалении 30 м от полосы в сторону поля составляет 61,7 мм. Плотность снежного покрова возрастает по мере приближения к полосе со стороны поля, и достигает 258 кг/м³ на удалении 5 м от крайнего ряда полосы. Среднее значение плотности снежного покрова от полосы в сторону открытого поля (на удалении от 5 до 30 м) составляет – 180,22 кг/м³, средний запас снеговой воды – 134,52 мм.

Выводы

1. Все исследуемые придорожные полосы достаточно эффективно снижают скорость ветрового потока в пределах полосы отвода автодороги и на прилегающих территориях. Величина снижения зависит от множества факторов: сезонов года особенностей ветрового потока, его направления относительно лесной полосы и

скорости, конструкции, ширины и ветропроницаемости полос. Полосы ажурной и ажурно–продуваемой конструкции лучше снижают скорость ветрового потока в зимний период, по сравнению с другими сезонами.

2. Степень ветрозащитной эффективности лесных полос достигает наибольшей величины при ветрах, угол подхода которых максимально приближен к 90° (направлен перпендикулярно к полосам). С изменением угла подхода ветрового потока к полосам заметно меняется их ветрозащитная функция.

4. Влияние на ветровой поток 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.

7. Под влиянием полос 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. Наиболее эффективно на изменение кинетической энергии ветра оказывает влияние система придорожных полос. После преодоления ветровым потоком полос, в пределах автодороги во всех рассматриваемых случаях энергия ветра была минимальной или полностью снижалась ($K_e = 0,0$).

8. Отложение снежных масс и их перераспределение под действием лесных полос происходит неравномерно как в первую, так и во вторую половину зимы; это связано с их конструкцией, направлением господствующих зимних ветров и со степенью продуваемости полос:

- 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 полосы;

- у полос ажурной и ажурно-продуваемой конструкций длина шлейфа в сторону поля может находиться в пределах от 40 до 90 м, либо снежный покров

распределяется в зоне мелиоративного влияния полос в целом равномерно (с незначительным варьированием по высоте покрова);

- 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 накапливанию большего количества (по сравнению с полосами без кустарника) 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; большая часть снежных масс, приносимых с открытого поля, накапливается подростом, не достигая самих полос и увеличивает снегоемкость последних;

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

- малая ширина защитных полос, отсутствие кустарника под пологом полосы, либо в опушечных рядах и вследствие этого - высокая продуваемость защитных полос в зимний период может привести 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°) направлению господствующих зимних ветров; внутри данных полос высота снежного покрова заметно выше, по сравнению с противоположной полосой;

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

9. Наибольшие (в среднем) показатели плотности снежного покрова зафиксированы с наветренной стороны (поле) на удалении от 5 до 30 м у полосы ажурной конструкции (ПП 8) - 245,12 кг/м³ и у полосы плотной конструкции (ПП 14) в сторону автодороги на удалении от 5 до 20 м - 209,15 кг/м³;

10. На заветренной стороне (поле) у лесных полос ажурно-продуваемой конструкции (ПП 2 и 11), расположенных относительно направления господствующих зимних ветров, средний запас снеговой воды в зоне от 5 до 30 м от крайних рядов равен 90,23 и 93,72 мм, соответственно. Существенно выше этот показатель у полос плотной конструкции (119,92 мм на ПП 13 и 134,52 мм на ПП 14). Минимальный показатель запаса снеговой воды в самой полосе зафиксирован у 1-рядной полосы ажурной конструкции (ПП 8) - 62,7 мм, а максимальный у 3-х рядной полосы (с кустарником в ветроударном опушечном ряду) плотной конструкции (ПП 13) – 125,4 мм.

11. Накапливаемый снег не только в самих полосах, но и в 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/м³. Такие различия связаны с продолжительностью и глубиной залегания снега и распределением снежных масс под действием полос различных конструкций.

12. Результаты исследований по снижению скоростей ветрового потока, влиянию полос на снижение кинетической энергии ветра, снегораспределению на участках, прилегающих к автомобильным дорогам, могут послужить методической основой для реконструкции существующих и проектирования новых снегозащитных лесных полос.

ГЛАВА 6. РАДИАЛЬНЫЙ ПРИРОСТ ДЕРЕВЬЕВ В ПРИДОРОЖНЫХ ЗАЩИТНЫХ ЛЕСНЫХ ПОЛОСАХ

В настоящее время актуальным вопросом современной экологии является изучение пространственно-временной динамики лесных экосистем и реконструкции факторов внешней среды с высоким временным разрешением состояния и за длительные интервалы времени. Одним из направлений в лесной науке являются дендрохронологические методы исследования (Мапитов, 2015).

Надежным индикатором, отражающим изменение климата, и вследствие этого природной среды, является древесная растительность. Метод древесно-кольцевого анализа, который особенно широко используется в дендроклиматических исследованиях, позволяет эффективно и достоверно оценивать реакцию радиального прироста деревьев на изменение основных климатических показателей (осадки и температуру воздуха) (Schweingruber, 1996; Ваганов, 1996).

Район лесостепной зоны Северо-Казахстанской области в настоящий момент еще недостаточно исследован на предмет изучения отклика радиального прироста древесных растений на изменение климатических факторов. Данная работа направлена на получение новых данных о влиянии современного изменения климата на рост и развитие древостоев придорожных защитных лесных полос в засушливых условиях лесостепной зоны Северного Казахстана.

6.1. Длительность хронологий

Анализ древесно-кольцевых хронологий (далее - ДКХ) является очень важным звеном при изучении пространственно-временной динамики, затрагивающей все компоненты лесной экосистемы за длительный период. Статистические характеристики отражают качество полученных древесно-

кольцевых хронологий и возможность их использования для решения дендроклиматических задач (Кукарских, 2009). Количественные и статистические характеристики берёзовых древесно-кольцевых хронологий приведены в таблице 6.1.

Таблица 6.1 - Количественные и статистические характеристики берёзовых древесно-кольцевых хронологий (ДКХ)

Ряд	Количество моделей	Количество датированных колец	Длина мастер хронологии, лет	Продолжительность периода, лет	Средняя длина серий, лет	Ширина годовичного кольца, 0,01 мм		Стандартное отклонение*	Коэффициент чувствительности	Корреляция между сериями
						средняя	максимальная			
КС	13	456	42	1977-2018	35,1	2,35	7,60	1,37	0,47	0,75
КЦс	11	428	40	1979-2018	38,9	1,60	8,22	1,54	0,53	0,79
КЦю	11	429	40	1979-2018	39,0	1,51	7,18	1,38	0,55	0,79
КЮ	12	445	40	1979-2018	37,1	2,02	8,16	1,60	0,52	0,76
ПС	12	527	49	1970-2018	43,9	2,81	9,34	1,14	0,31	0,59
ПЦс	11	507	54	1965-2018	46,1	1,35	6,85	1,23	0,45	0,23
ПЦю	11	493	55	1964-2018	44,8	1,30	6,96	1,34	0,50	0,29
ПЮ	12	522	48	1971-2018	43,5	2,29	6,43	1,02	0,34	0,70

Примечание: * - для средней ширины годовичного кольца

Для построения обобщенных древесно-кольцевых хронологий использовались индивидуальные серии, которые максимально коррелировали между собой. Проведенный анализ радиального прироста 90 кернов и получение соответствующих параметров, позволило построить 8 обобщенных ДКХ по характеристикам ширины годовичных колец. Длительность полученных хронологий относительно невелика (это зависит от возраста исследуемых полос) и варьирует от 40 до 55 лет (табл. 6.1). Средняя ширина годовичных 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. Причем, как средняя, так и максимальная ширина годовичных колец северной и южной опушки во всех случаях существенно отличается от центральных рядов. В условиях степной зоны у хронологий «КС», «КЦс», «КЦю»

и «КЮ» максимальная ширина годовых колец заметно больше, чем у хронологий лесостепной зоны («ПС», «ПЦс», «ПЦю», «ПЮ»).

Одним из важнейших параметров, который характеризует качество полученных ДКХ является чувствительность. Коэффициент чувствительности отражает, насколько велико влияние внешних условий на параметры годового прироста. По данным С.Г. Шиятова, минимально приемлемое значение параметра для проведения дендроклиматического анализа составляет 0,2 (Шиятов, 1986). Как правило, чем неблагоприятнее лесорастительные условия, то древесно-кольцевые хронологии будут более чувствительными (Fritts, 1976).

Все обобщенные и стандартизированные ДКХ характеризуются достаточно высоким коэффициентом чувствительности, значения которого наблюдаются от 0,31 до 0,55. Причем наиболее возрастает значение данного показателя в центральных рядах посадки и по мере ухудшения лесорастительных условий (в степной зоне $K_s = 0,47-0,55$, а в лесостепной 0,31-0,5). Достаточно высокие коэффициенты чувствительности позволяют сделать вывод о том, что в условиях Северного Казахстана радиальный прирост берёзовых древостоев придорожных полос 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. У всех индексированных рядов значения варьируют от 0,59 до 0,79, за исключением хронологий «ПЦс» и «ПЦю» у которых данный показатель находится в пределах 0,23-0,29. Такое отличие показателей автокорреляции I-го порядка у центрального ряда на ПП 12 (даже по сравнению с центральным рядом ПП 20) вероятно объясняется более жесткой конкуренцией между деревьями за свет и элементы питания, что отражается на величине годового прироста предшествующего года, и отсутствием связи с приростом текущего года. Кроме этого, при анализе древесных кернов и построении хронологий, было выявлено, что у деревьев центрального ряда (ПП 12) заметно отличается ширина годового кольца одного и того же года, данный факт можно объяснить наличием «световых окон» (когда вокруг дерева за счет конкуренции и

возрастных изменений структуры древостоя произошел отпад соседних особей) что отразилось на величине прироста годичного кольца. Заслуживает внимания тот факт, что в условиях степной зоны (Костанай) наблюдаются более высокие показатели авкорреляции I-го порядка (значения варьируют от 0,75 до 0,79) по сравнению с лесостепной зоной (Петропавловск), где значения варьируют от 0,59-0,70.

6.2. Корреляция хронологий между собой

Коэффициенты корреляции древесно-кольцевых хронологий 13-рядной защитной лесной полосы, произрастающей в степной зоне Костанайской области представлены в таблице 6.2.

Таблица 6.2 - Коэффициенты корреляции древесно-кольцевых хронологий по ширине годичного кольца на ПП 20 (Костанай)

Наименование ДКХ	КС	КЦс	КЦю	КЮ
КС	1	–	–	–
КЦс	0,31	1	–	–
КЦю	0,37	0,93	1	–
КЮ	0,56	0,79	0,81	1

Примечание: все коэффициенты статистически значимы ($p < 0,05$)

Проведенный корреляционный анализ между индексами ширины годичных колец построенных хронологий (таблица 6.2) на ПП 20 показывает, что коэффициенты корреляции изменяются в значительных пределах, от 0,31 до 0,93. Наиболее информативным является сравнение коэффициентов корреляции хронологий северной и южной опушек лесной полосы с центральным рядом (в частности, с северной и южной стороной центрального ряда). Наиболее тесную связь между собой, имеют хронологии центрального ряда («КЦс», «КЦю») и южной опушки («КЮ»), эти коэффициенты изменяются от 0,79 до 0,81, тогда как при сравнении северной опушки («КС») и хронологий центрального ряда данные коэффициенты изменяются от 0,31 до 0,37. Наиболее высокая связь хронологий

наблюдается в центральном ряду, данный факт можно объяснить тем, что обобщенные ДКХ («КЦс» и «КЦю») отражают прирост с одних и тех же особей, у которых прирост с южной стороны ствола несколько отличается от северной стороны. При сравнении ДКХ «КС» и «КЮ», коэффициент корреляции равен 0,56.

Таблица 6.3 - Коэффициенты корреляции древесно-кольцевых хронологий по ширине годичного кольца на ПП 12 (Петропавловск)

Наименование ДКХ	ПС	ПЦс	ПЦю	ПЮ
ПС	1	–	–	–
ПЦс	0,32	1	–	–
ПЦю	0,57	0,68	1	–
ПЮ	0,35	0,36	0,07	1

Примечание: все коэффициенты статистически значимы ($p < 0,05$)

Корреляционный анализ ДКХ на ПП 12 (таблица 6.3), свидетельствует, что наиболее тесная связь наблюдается между хронологиями центрального ряда («ПЦс», «ПЦю»). В данном случае корреляция составляет 0,68. Хронологии крайних рядов («ПС» и «ПЮ») характеризуются заметно более слабой корреляцией между собой, значение соответствует 0,35. В целом, как и на ПП 20, коэффициенты корреляции изменяются в значительных пределах, от 0,07 до 0,68. Взяв во внимание тот факт, что ПП 12 существенно отличается от ПП 20 по ряду признаков (условиям местопроизрастания, возрасту, шагу посадки и расстоянием между рядами), то при увеличении густоты ценоза в центральных рядах, и вследствие этого более жесткой конкуренции между особями за свет и элементы питания прирост годичных колец у деревьев центрального ряда заметно отличался от прироста особей крайних рядов, что подтвердилось при сравнении полученных ДКХ между собой, в частности хронологий «ПС» и «ПЮ» с хронологиями «ПЦс» и «ПЦю».

Увеличение коэффициентов корреляции в «южном направлении» (от северной опушки к южной), при сравнении хронологий северной и южной опушек с центральным рядом лесной полосы вероятно свидетельствует о том, что

радиальный рост берёзовых полос в пределах исследуемых районов находится под влиянием одного набора лимитирующих факторов. При этом, в условиях лесостепной зоны Северо-Казахстанской области, на прирост годичного кольца в центральных рядах, помимо лимитирующих факторов оказывает существенное влияние увеличение густоты ценоза (уменьшение расстояний между рядами и уменьшение шага посадки), что подтверждается коэффициентами корреляции между исследуемыми хронологиями.

Таблица 6.4 - Коэффициенты корреляции древесно-кольцевых хронологий по ширине годичного кольца между исследованными пробными площадями (перекрестный период)

Наименование ДКХ	ПС	ПЦс	ПЦю	ПЮ
КС	0,18	0,19	0,31	-0,02
КЦс	0,51	0,82	0,69	0,37
КЦю	0,37	0,86	0,68	0,32
КЮ	0,52	0,60	0,70	0,30

Примечание: все коэффициенты статистически значимы ($p < 0,05$)

Несмотря на достаточную удаленность исследуемых объектов друг от друга, корреляционный анализ показал довольно тесную взаимосвязь между построенными ДКХ (таблица 6.4). В целом, коэффициенты корреляции изменяются в значительных пределах, от 0,18 до 0,86 (за исключением корреляции между ДКХ «КС» и «ПЮ», где наблюдается отрицательная связь). Наиболее высокую связь между собой имеют хронологии центральных рядов, коэффициенты корреляции изменяются в пределах от 0,68 до 0,86, причем наибольшую взаимосвязь имеют хронологии «КЦс» и «КЦю» с северной стороной центрального ряда («ПЦс»). Сравнивая ДКХ исследуемых придорожных лесных полос наблюдается закономерное увеличение коэффициентов корреляции в «южном направлении» на ПП 20 (Костанай). Так, например, корреляция хронологии «КС» с хронологиями «ПЦс» и «ПЦю» возрастает с севера на юг с 0,19 до 0,31, хронологии «КЮ» с хронологиями «ПЦс» и «ПЦю» с 0,60 до 0,70. Аналогично происходит увеличение

коэффициентов корреляции при сравнении хронологий северных и южных опушек лесных полос, с 0,18 (при сравнении «КС» и «ПС») до 0,30 (при сравнении «КЮ» и «ПЮ»). Данная закономерность, по-видимому свидетельствует о возрастающей роли лимитирующих факторов на прирост годичного кольца на южной опушке лесной полосы в степной зоне Костанайской области по сравнению с лесостепной зоной Северо-Казахстанской области.

Определить более достоверное проявление лимитирующих факторов на рост и развитие древостоев придорожных полос с увеличением их возраста в условиях Северного Казахстана позволит перекрестное сравнение приростов за последние 11 лет (с 2008 по 2018 год). Такой подход, на наш взгляд, обеспечит более достоверные результаты, ввиду того, что древостои в этом возрасте уже миновали период активного роста и развития (первые 30 лет с момента посадки) и являются средневозрастными (ПП 20) и приспевающими (ПП 12). Кроме этого, проведение корреляционного анализа хронологий за данный промежуток времени можно обосновать наличием особо засушливого периода (летняя засуха 2010 года), и аномально теплых годов (2007, 2008, 2013, 2017), в которых сумма среднегодовых месячных температур была выше 3°C, причем наиболее теплым, в годовом ходе средних температур был 2013 год, в котором по данным наблюдений среднегодовая температура была 3,68°C. Результаты корреляционного анализа приведены в таблице 6.5.

Таблица 6.5 - Коэффициенты корреляции древесно-кольцевых хронологий по ширине годичного кольца между исследованными пробными площадями (с 2008 по 2018 год)

Наименование ДКХ	ПС	ПЦс	ПЦю	ПЮ
КС	0,13	0,87	0,46	0,76
КЦс	0,30	0,74	0,53	0,84
КЦю	0,45	0,77	0,40	0,82
КЮ	0,36	0,80	0,32	0,89

Примечание: все коэффициенты статистически значимы ($p < 0,05$)

Коэффициенты корреляции древесно-кольцевых хронологий за 11-летний период (таблица 6.5.) свидетельствуют, что с увеличением возраста полос и вследствие этого закономерного уменьшения прироста годовых колец, в сравниваемых ДКХ наблюдается увеличение тесноты связи, в центральных рядах и южных опушках лесных полос. Значительно возросла корреляция у ДКХ «ПЮ» с хронологиями «КС», «КЦс», «КЦю» и «КЮ», коэффициенты корреляции наблюдаются в пределах, от 0,76 до 0,89, хотя при сравнении этих же хронологий, но на протяжении всего периода роста и развития, данная связь варьировала от 0,30 до 0,37, либо была вовсе отрицательной (-0,02, при сравнении ДКХ «КС» и «ПЮ»). В центральных рядах (ПП 12), густота ценоза, в совокупности с лимитирующими факторами, при увеличении возраста полос, будет иметь определяющее значение, влияющее на прирост годовых колец. Так, при сравнении ДКХ, заметно возрастает связь между хронологией центрального ряда «ПЦю» (ПП 12) и хронологией северной опушки «КС» (ПП 20) с 0,31 до 0,46, причем в наибольшей мере коэффициент корреляции возрастает с 0,19 до 0,87 при сравнении хронологий «КС» и «ПЦс». Такие различия, вероятно, свидетельствуют о специфике взаимодействия прироста древесины с климатическими условиями и отражают существенное влияние лимитирующих факторов с увеличением возраста полос. Схожие результаты подтверждаются рядом исследований (Пугачев, 1975, 1986; Григорьева, 1979; Оленин, 1988; Григорьев, 2014; Хамидуллина, 2014; Жантлесова, 2015; Данчева, 2020).

6.3. Влияние климатических факторов на ширину годового кольца

Успешность создания, роста и развития защитных лесных насаждений в засушливых условиях степей, полупустынных и пустынных зон Казахстана определяется главным образом за счет наличия влаги (Ражанов, 2015). В условиях степной зоны и малолесных районов Северного Казахстана в совокупности с континентальным климатом на рост, развитие и долговечность защитных насаждений будет оказывать влияние - «чрезмерная динамичность атмосферного

увлажнения по годам, критическое снижение запаса почвенной влаги и влагообеспеченности древостоя в засушливые годы» (Манаенков, 2017).

Важным моментом, в понимании влияния климата на рост древесных растений, особенно в жестких лесорастительных условиях, является оценка ширины годичного кольца с точки зрения влияния климатических факторов, таких как температура и осадки (Кукарских, 2009).

Чувствительность хронологии по ширине годичных колец к изменениям климата показывает коэффициент чувствительности. В дендроклиматических исследованиях при величине этого коэффициента 0.3 и выше считается, что древесно-кольцевая хронология достаточно чувствительна к климатическим изменениям (Vaganov, 2000; Агафонов, 2012).

Расчёт функции отклика индексов прироста для хронологий степной зоны («КС», «КЦс», «КЦю» и «КЮ») осуществлялся по данным ближайшей метеостанции – Костанай (использовались ряды наблюдений с 1977 по 2018 год), а для хронологий лесостепной зоны («ПС», «ПЦс», «ПЦю» и «ПЮ») использовались данные с метеостанции Петропавловск (период наблюдений с 1963 по 2018 год.). Функция отклика индексов прироста на климатические переменные рассчитывалась за период с сентября предшествующего года по август текущего.

На рисунках (6.1, 6.4, 6.7, 6.10, 6.13, 6.16) представлены результаты анализа функций отклика ширины годичного кольца на осадки и температуру воздуха. Значимые уровни корреляции обозначены прямыми горизонтальными линиями.

Степная зона Костанайской области. Для древесно-кольцевой хронологии «КС» выявлена положительная связь с температурой января ($r = 0,35$) и отрицательная связь с температурой июля ($r = 0,30$), рисунок 6.1. Среднемесячная температура июля оказывает отрицательное влияние на величину прироста древесины. Чувствительность ДКХ с температурой января, вероятно зависит от того, что чем теплее и «мягче» январь, следовательно, деревья северной опушки зимуют в более тёплых условиях, что в дальнейшем, с наступлением вегетационного периода, отражается на их приросте. Отрицательная функция отклика температуры июня ($r = -0,28$) слегка не дотягивает до порогового

(значимого уровня), такое обстоятельство вероятно связано с малой длиной хронологии. Проявление чувствительности хронологии северной опушки на осадки не выявлено.

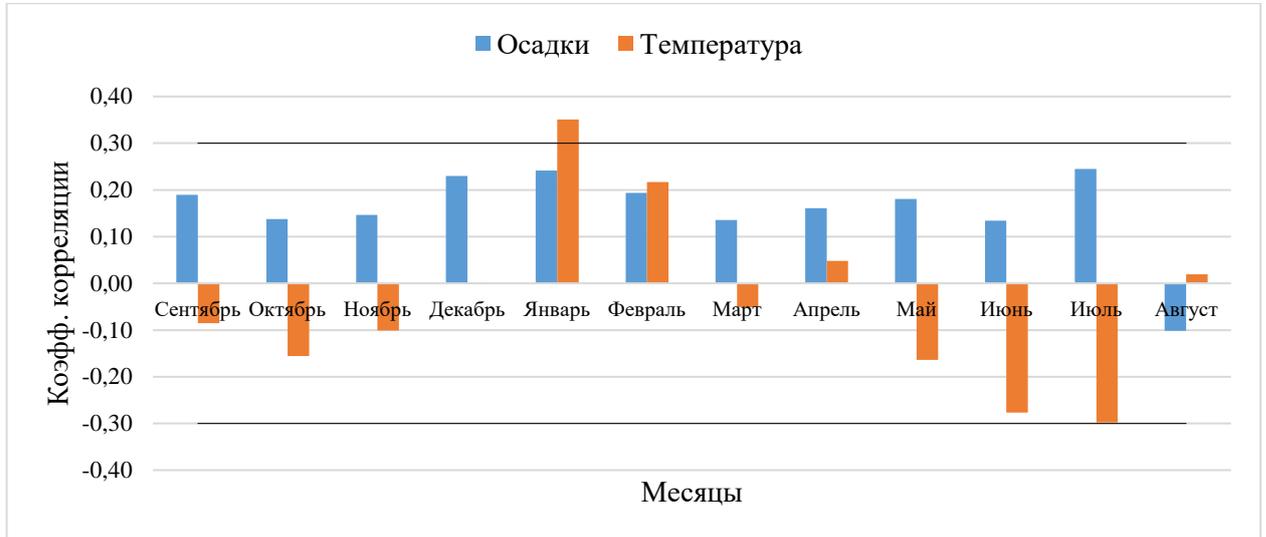


Рисунок 6.1 – Функция отклика индексов прироста древесины на среднемесячную температуру воздуха и количество осадков с сентября предшествующего по август текущего года (ПП 20, хронология – «КС»)

Функция отклика индексов прироста древесины на среднемесячную температуру и количество осадков, с 2007 по 2018 год по хронологии «КС», рисунок 6.2-6.3, свидетельствует, что за рассматриваемый период наблюдений отмечается значимая как отрицательная, так и положительная связь с температурой и осадками. Более теплая температура января в период с 2007 по 2018 год (за исключением 2009, 2016 и 2017 года) оказывала положительное влияние на прирост с наступлением вегетационного периода, в отличие от температурного режима июня, когда наблюдается устойчивая отрицательная связь ($r = -0,5$) температуры и прироста с 2009 по 2018 год. В отдельные годы наблюдается как положительное, так и отрицательное влияние температуры на радиальный прирост, это в свою очередь проявляется посредством отклика (чувствительности хронологии) в различные месяцы.

Положительная связь с осадками, свидетельствующая о влиянии дефицита влаги на радиальный прирост наблюдается в мае за период с 2010 по 2014 год ($r =$

0,5). Значимая положительная связь прироста с количеством осадков в июне месяце наблюдается в период с 2009 по 2018 год, и варьирует в пределах от 0,4 до 0,5. Корреляция с количеством осадков отдельных месяцев достигает 0,4. Заслуживает внимание тот факт, что положительная связь с осадками ноября предшествующих лет, вероятно, связана с накоплением осадков этого месяца, что в последствии оказывает положительное влияние на прирост с началом вегетационного периода.

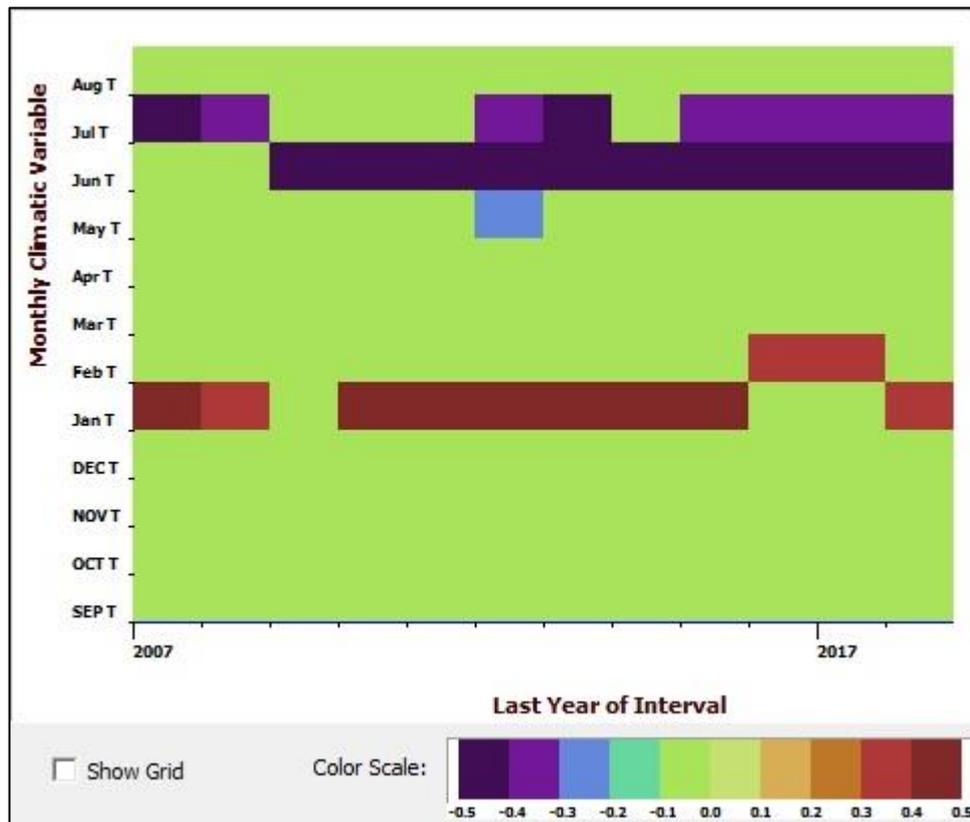


Рисунок 6.2 – Функция отклика индексов прироста древесины на среднемесячную температуру воздуха с сентября предшествующего по август текущего года (ПП 20, хронология – «КС») за период с 2007 по 2018 год.

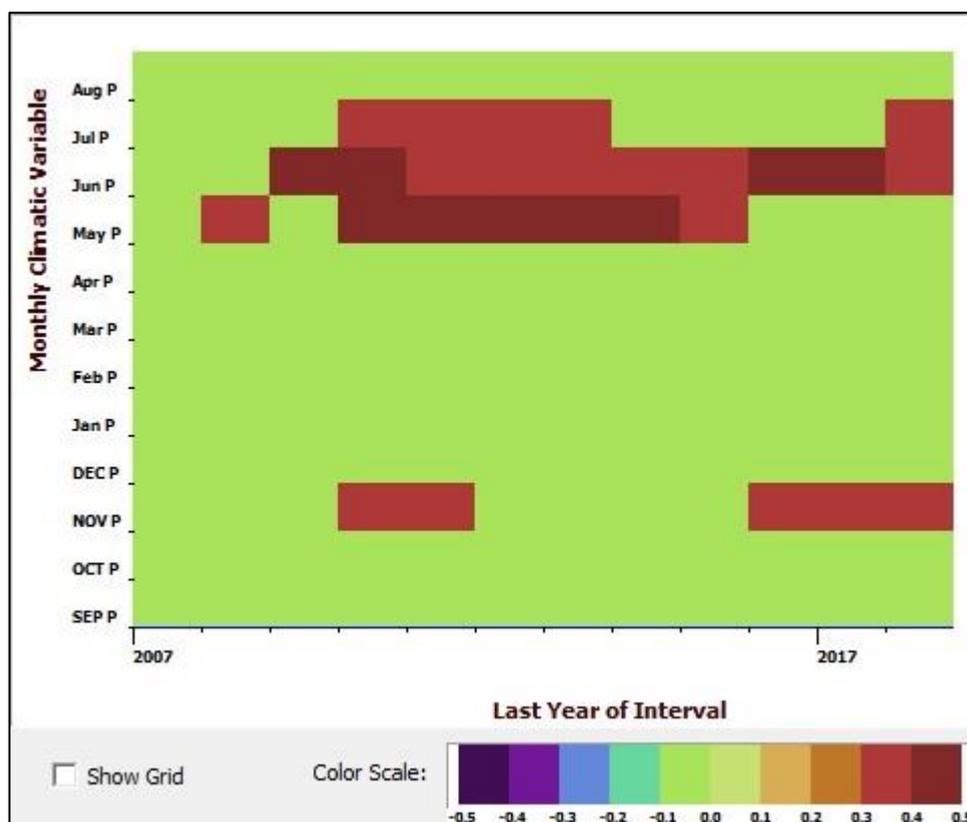


Рисунок 6.3 – Функция отклика индексов прироста древесины на среднемесячное количество осадков с сентября предшествующего по август текущего года (ПП 20, хронология – «КС») за период с 2007 по 2018 год.

Древесно-кольцевая хронология «КЦс» (центральный ряд) в отличие от хронологии северной опушки («КС») отличается более существенным влиянием лимитирующих факторов, что отражается на чувствительности радиального прироста.

Для ДКХ «КЦс» выявлена положительная связь с температурой января ($r = 0,31$) и февраля ($r = 0,30$), а также отрицательная связь с температурой июня ($r = 0,48$) и июля ($r = 0,33$), рисунок 6.4. Отрицательное проявление высоких среднемесячных температур июня и июля на величину прироста древесины выражено более существенно по сравнению с северной опушкой.

Для северной стороны центрального ряда более значимыми факторами, влияющими на радиальный прирост, являются количество осадков ноября и июня, чувствительность хронологии по этим месяцам равна 0,33 и 0,32 соответственно, а

также положительное влияние более «мягких» температур января. В данном случае, положительное влияние температуры января на радиальный прирост сказывается в меньшей степени, чем на северной опушке («КЦс» = 0,31 < «КС» = 0,35). Чувствительность хронологии в мае месяце по количеству осадков не дотягивает до порогового значения, это вероятно связано с малой длиной хронологии.

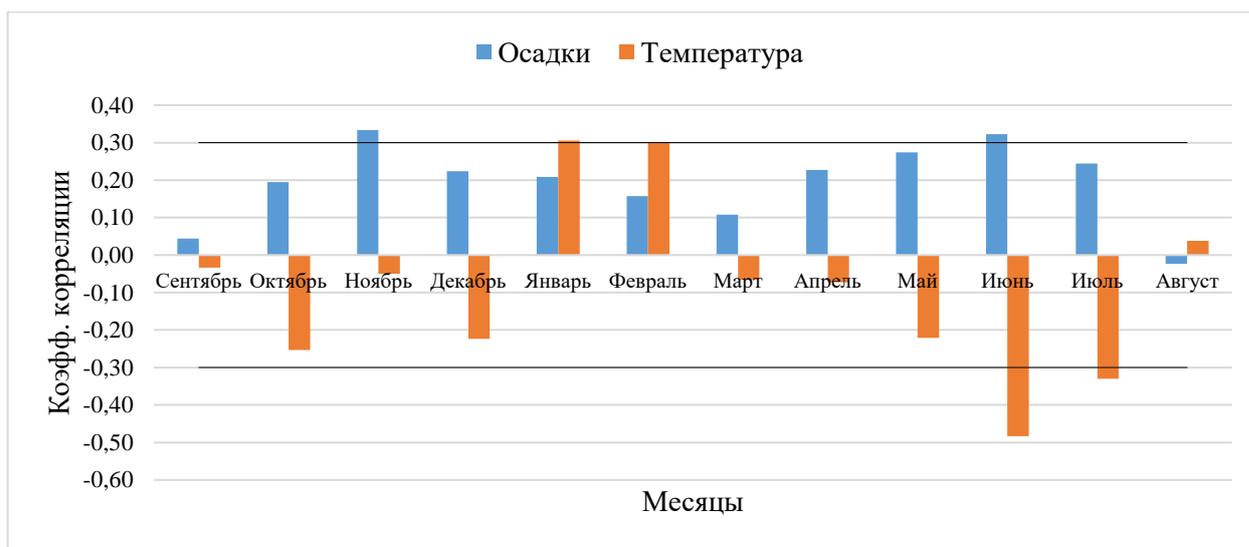


Рисунок 6.4 – Функция отклика индексов прироста древесины на среднемесячную температуру воздуха и количество осадков с сентября предшествующего по август текущего года (ПП 20, хронология – «КЦс»)

Хронология северной стороны центрального ряда («КЦс»), показала более значимую функцию отклика индексов радиального прироста на среднемесячную температуру и количество осадков, с 2009 по 2018 год, рисунок 6.5-6.6, по сравнению с хронологией северной опушки («КС»).

Так, за рассматриваемый период наблюдений отмечается значимая как отрицательная, так и положительная связь с температурой и осадками. Более «мягкая» температура января в период с 2010 по 2018 год (за исключением 2016 года) оказывала положительное влияние на прирост с наступлением вегетационного периода, в отличии от температурного режима июня, когда наблюдается устойчивая отрицательная связь ($r = -0,5$) температуры и прироста на

протяжении всего периода наблюдений. Заслуживает внимание отрицательная связь индексов прироста с температурой июля, где за период наблюдений коэффициенты корреляции фиксируются от 0,4 до 0,5, и в отличие от июня месяца стабильность климатического сигнала рознится по годам. Для хронологии северной стороны центрального ряда обнаружено наличие значимой отрицательной связи прироста с температурой декабря.

Положительная связь с осадками у хронологии северной стороны центрального ряда наблюдается как в осенний период (ноябрь), так и в весенне-летний (май-июнь). В ноябре, за счет выпадающих осадков происходит накопление определенного количества влаги в почве, в результате этого в следующем году, с началом вегетационного периода наблюдается стабильный климатический сигнал с 2010 по 2018 год, коэффициент чувствительности которого варьирует от 0,4 до 0,5. Хотя количество осадков, накопленное в почве, вероятно находится на одном уровне, в центральном ряду на фоне конкурентных взаимоотношений между особями, чувствительность хронологии по годам к данному лимитирующему фактору выше, по сравнению с северной опушкой. Проявление дефицита влаги на радиальный прирост наблюдается в мае за период с 2010 по 2015 год ($r = 0,5$). Стабильный климатический сигнал в июне, выраженный чувствительностью хронологии к дефициту влаги, отмечается на протяжении всего периода наблюдений. Коэффициент чувствительности равен 0,4, за исключением 2017 года ($r = 0,5$). Корреляция с количеством осадков в отдельные годы по месяцам достигает 0,4 (июль 2013).

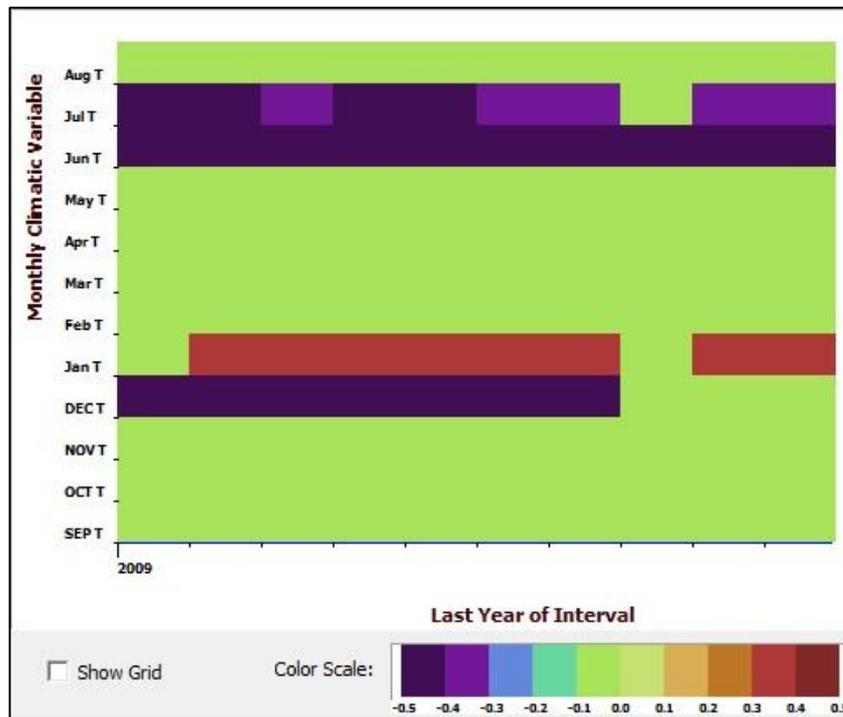


Рисунок 6.5 – Функция отклика индексов прироста древесины на среднемесячную температуру воздуха с сентября предшествующего по август текущего года (ПП 20, хронология – «КЦс») за период с 2009 по 2018 год.

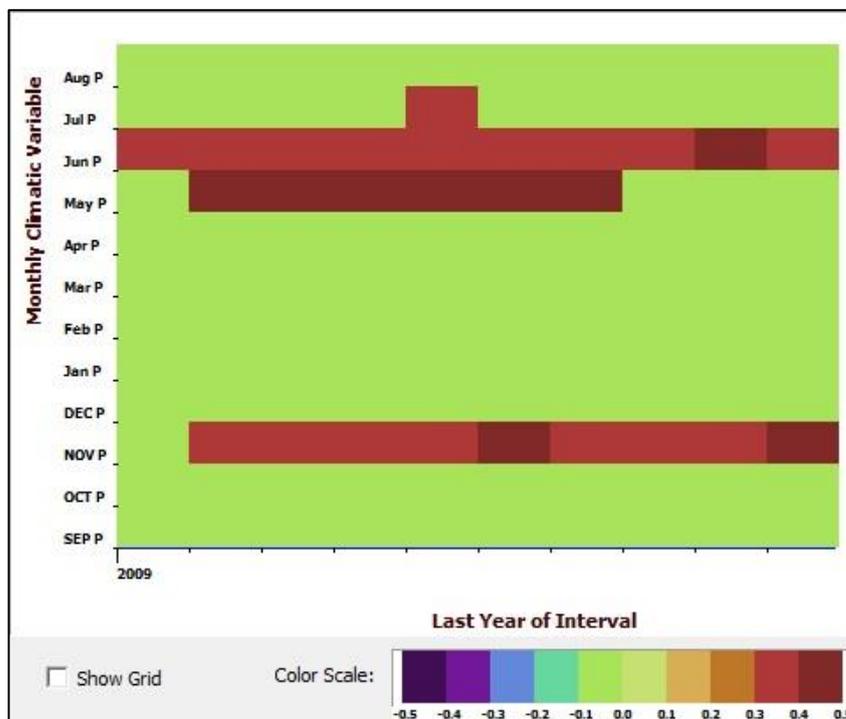


Рисунок 6.6 – Функция отклика индексов прироста древесины на среднемесячное количество осадков с сентября предшествующего по август текущего года (ПП 20, хронология – «КЦс») за период с 2009 по 2018 год.

Древесно-кольцевая хронология «КЦю» характеризуется более существенным влиянием лимитирующих факторов на прирост годичного кольца, по сравнению с хронологией северной стороны центрального ряда («КЦс»), данный факт прослеживается по повышению коэффициентов чувствительности.

Для древесно-кольцевой хронологии «КЦю» выявлена положительная связь с температурой января ($r = 0,37$), а также отрицательная связь с температурой июня ($r = 0,54$) и июля ($r = 0,32$), рисунок 6.7. Отрицательное проявление высоких среднемесячных температур июня на величину прироста древесины выражено более существенно (увеличение коэффициента чувствительности с $-0,48$ до $-0,54$) по сравнению с хронологией северной стороны. Положительная функция отклика температуры февраля ($r = 0,28$) слегка не дотягивает до порогового (значимого уровня), такое обстоятельство вероятно связано с малой длиной хронологии. Тем не менее, возможно влияние «мягких» зимних месяцев (в температурном плане) на радиальный прирост с началом периода вегетации.

Помимо влияния температуры на прирост древесины оказывают влияние осадки. Более существенное влияние данного лимитирующего фактора, по сравнению с ДКХ «КЦс», наблюдается в июне (увеличение коэффициента чувствительности с $0,32$ («КЦс») до $0,37$ («КЦю»). Заслуживает внимание чувствительность хронологии с осадками декабря ($r = 0,28$) и мая ($r = 0,33$). Отмечается, что у хронологии северной стороны центрального ряда таких откликов по этим месяцам не наблюдалось, вероятно осадки, накопленные в позднеосенний период (ноябрь) и в начале зимнего периода (декабрь) оказывают положительное влияние на радиальный прирост с началом вегетационного периода, а осадки мая, на фоне дефицита влаги, вызванного ранневесенним уровнем испарения, также способствуют приросту древесины. Данное обстоятельство в условиях конкурентных взаимоотношений в древостое, особенно в центральных рядах, играет определяющую роль.

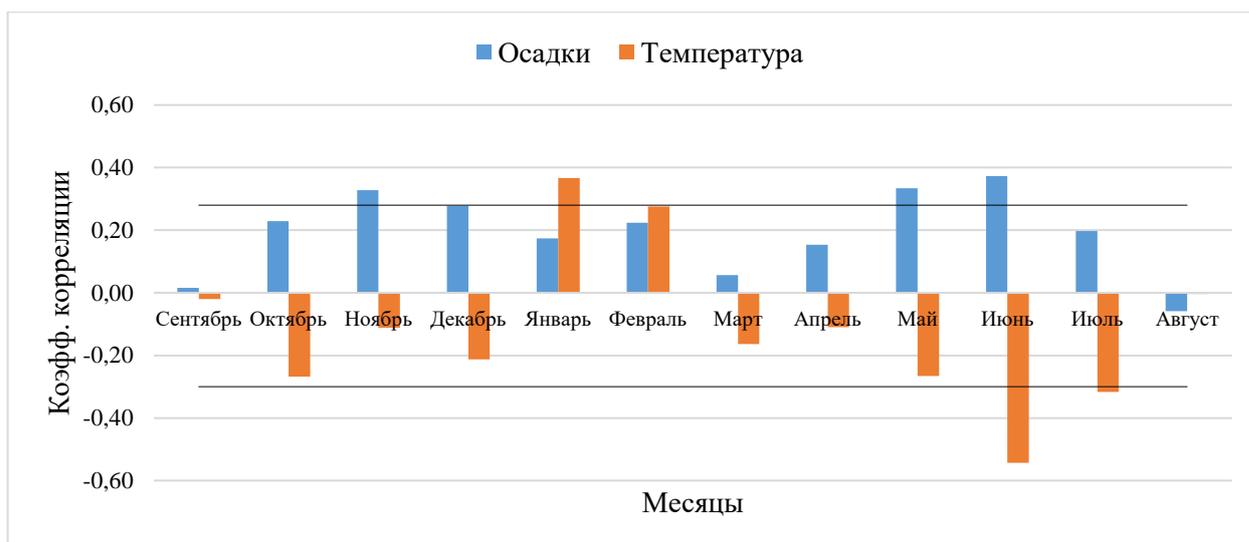


Рисунок 6.7 – Функция отклика индексов прироста древесины на среднемесячную температуру воздуха и количество осадков с сентября предшествующего по август текущего года (ПП 20, хронология – «КЦю»)

Древесно-кольцевая хронология южной стороны центрального ряда («КЦю»), как и хронология северной стороны («КЦс») показала значимую функцию отклика индексов радиального прироста на среднемесячную температуру и количество осадков, с 2009 по 2018 год, рисунок 6.8-6.9.

В пределах рассматриваемого периода наблюдений отмечается значимая как отрицательная, так и положительная связь с температурой и осадками. Более «мягкая» температура января в течение всего периода наблюдений оказывала положительное влияние на прирост с наступлением вегетационного периода, коэффициент чувствительности соответствует 0,5 (за исключением 2009 и 2016 года, $r = 0,4$). Температурный режим июня на протяжении всего периода наблюдений оказывал отрицательное влияние на радиальный прирост, подтверждается это устойчивой отрицательной связью ($r = -0,5$). Кроме этого, значимое влияние оказывает температурный режим июля, но в отличие от хронологии «КЦс», наиболее значимый коэффициент чувствительности ($r = 0,5$) отмечается в 2012 и 2013 году, во всех остальных случаях (за исключением 2016 и 2018 года) он соответствует 0,4. Для хронологии южной стороны центрального

ряда обнаружено наличие значимой отрицательной связи прироста с температурой мая (с 2010 по 2012 год) и декабря (отдельные годы).

Положительная связь с осадками у хронологии южной стороны центрального ряда наблюдается как в осенний период (ноябрь), так и в весенне-летний (май-июнь). В ноябре, за счет выпадающих осадков происходит накопление определенного количества влаги в почве, в результате этого в следующем году, с началом вегетационного периода отмечается климатический сигнал ($r = 0,4$) в 2010-2011 и с 2014 по 2018 год. Проявление дефицита влаги на радиальный прирост наблюдается в мае за период с 2009 по 2018 год (за исключением 2016 года), коэффициент чувствительности соответствует 0,5. Стабильный климатический сигнал в июне, выраженный чувствительностью хронологии к дефициту влаги, отмечается на протяжении всего периода наблюдений, и варьирует по годам от 0,4 до 0,5.

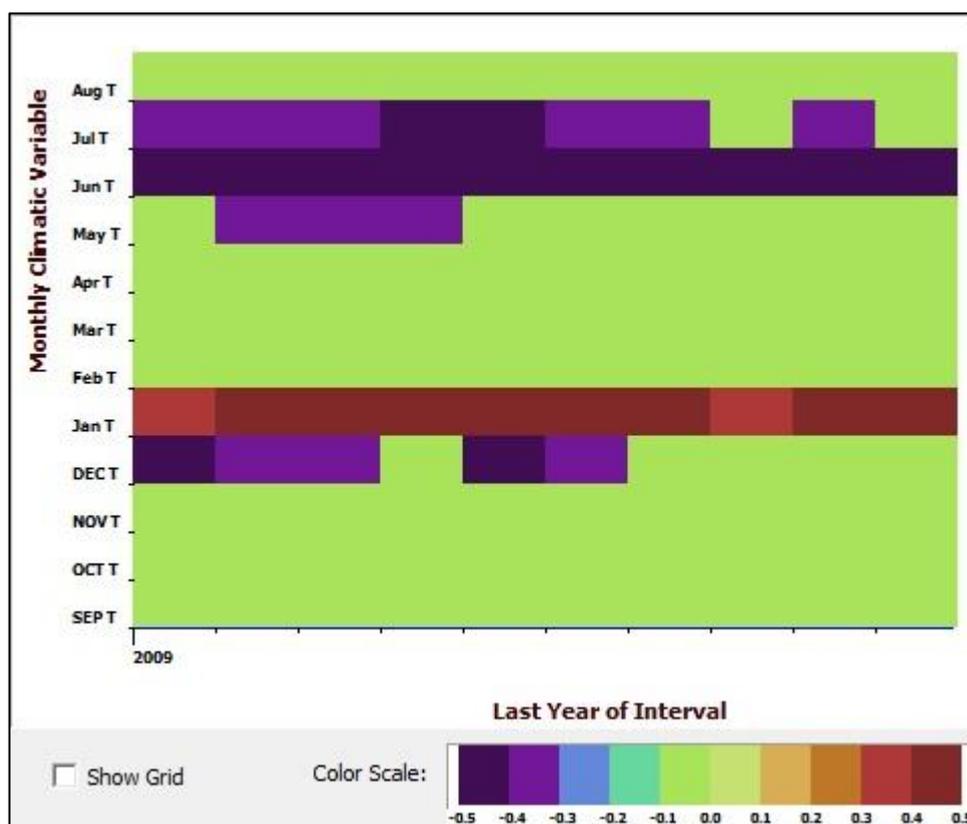


Рисунок 6.8 – Функция отклика индексов прироста древесины на среднемесячную температуру воздуха с сентября предшествующего по август текущего года (ПП 20, хронология – «КЦю») за период с 2009 по 2018 год.

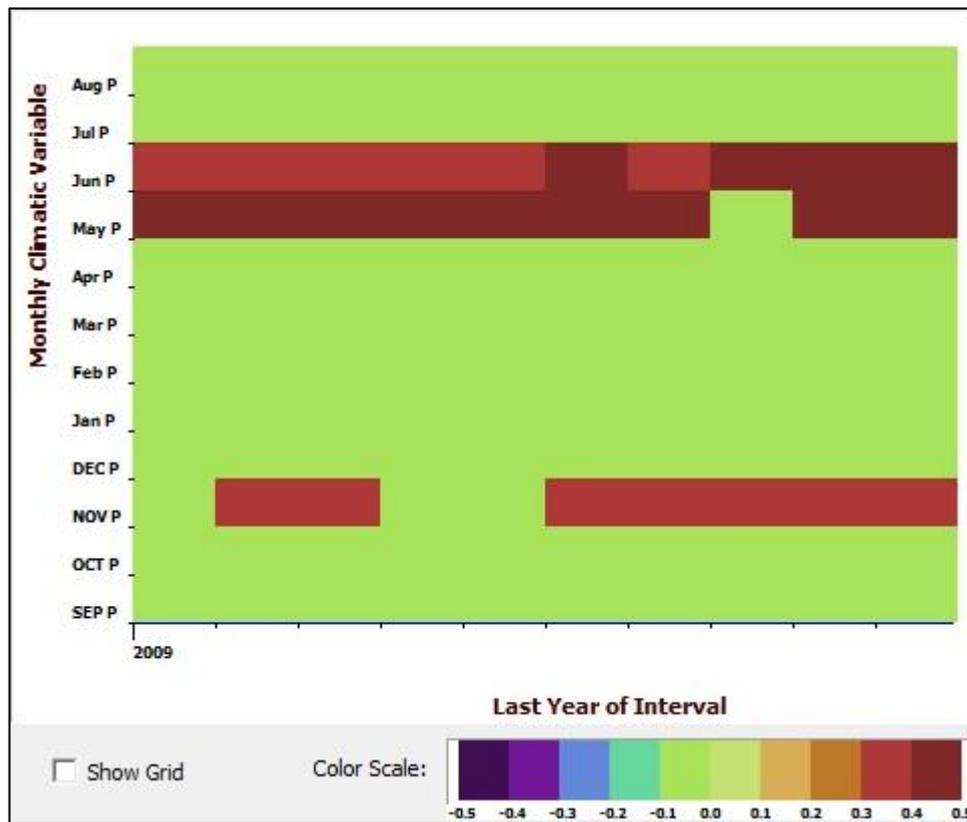


Рисунок 6.9 – Функция отклика индексов прироста древесины на среднемесячное количество осадков с сентября предшествующего по август текущего года (ПП 20, хронология – «КЦю») за период с 2009 по 2018 год.

У древесно-кольцевой хронологии южной опушки («КЮ») лесной полосы выявлена положительная связь с температурой января ($r = 0,30$) и отрицательная связь с температурой июня ($r = -0,38$) и июля ($r = -0,34$), рисунок 6.10. По сравнению с хронологией южной стороны центрального ряда («КЦю») у ДКХ «КЮ» проявление лимитирующего фактора (температуры) выражающееся в чувствительности хронологии не однородно. Так, наблюдается увеличение коэффициента чувствительности в июле, это объясняется тем, что южная опушка быстрее прогревается, что в свою очередь увеличивает испарение воды из почвы, и вследствие этого из-за дефицита влаги у особей крайнего ряда уменьшается прирост. Уменьшение коэффициента чувствительности в июне у ДКХ южной опушки, по сравнению с аналогичным месяцем ДКХ южной стороны центрального ряда свидетельствует, что в крайнем ряду за счет снижения конкуренции за

элементы питания (в частности влагу), проявление данного лимитирующего фактора ощущается не так остро, как в центральных рядах, но все же имеет определяющее значение.

У древесно-кольцевой хронологии южной опушки, в отличие от других хронологий («КС», «КЦс», «КЦю») отмечается положительная связь с осадками января и февраля, коэффициент чувствительности по этим месяцам равен 0,33. Вероятно, накопленные зимой осадки, с началом вегетационного периода оказывают положительное влияние, что отражается на радиальном приросте. Как отмечалось ранее, из-за большей прогреваемости южной опушки лесной полосы увеличивается испарение влаги из почвы, особо остро это проявляется в мае и подтверждается увеличением коэффициента чувствительности ($r = 0,36$) по сравнению с другими хронологиями. Осадки июня ($r = 0,30$), вероятно, влияют на радиальный прирост не так существенно, как в мае, но в совокупности с другими факторами оказывают влияние на прирост древесины.

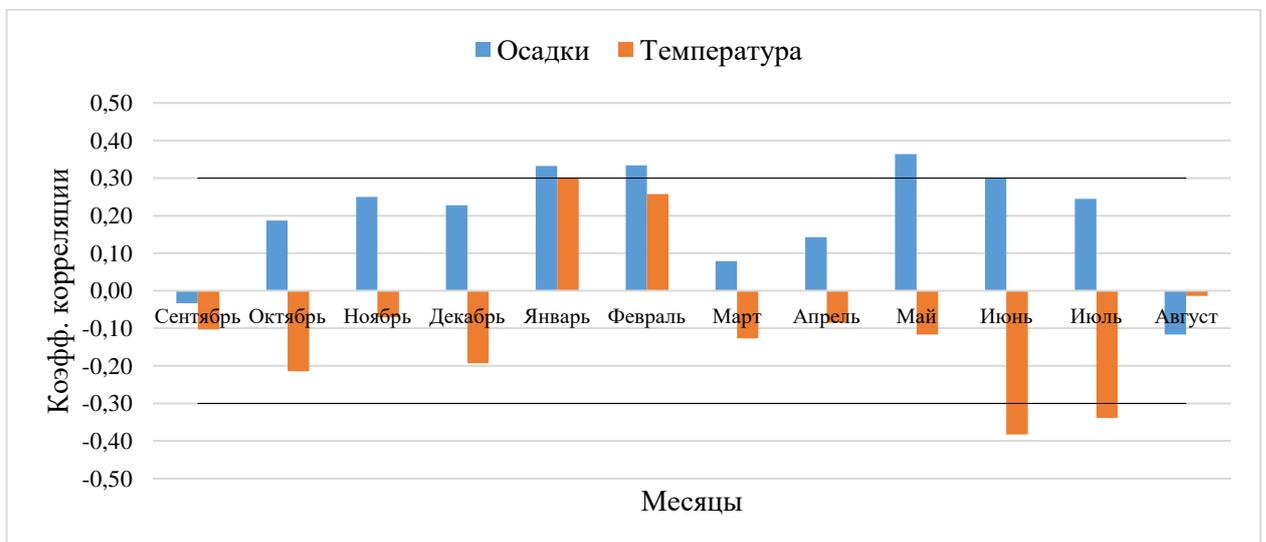


Рисунок 6.10 – Функция отклика индексов прироста древесины на среднемесячную температуру воздуха и количество осадков с сентября предшествующего по август текущего года (ПП 20, хронология – «КЮ»)

У древесно-кольцевой хронологии южной опушки («КЮ»), по сравнению с ДКХ («КЦю») наблюдается более значительное отрицательное влияние ($r = -0,5$)

температур декабря, в период с 2009 по 2014 год, рисунок 6.11. Влияние температурного режима января аналогично, как и у хронологии «КЦю» (за исключением 2009 и 2016 года) и оказывает положительное влияние на прирост древесины, что подтверждается положительной связью ($r = 0,5$). При сравнении с другими ДКХ («КС», «КЦс», «КЦю»), у хронологии южной опушки отмечается проявление лимитирующего температурного фактора в апреле (2014 и 2015 год). Отрицательная связь ($r = -0,2; -0,3$) свидетельствует, что повышение среднемесячной температуры в апреле негативно влияет на радиальный прирост. Влияние температурного режима мая, по сравнению с другими хронологиями, на радиальный прирост не наблюдается. Отрицательное влияние летних температур схоже с центральным рядом, и отмечается на протяжении всего периода наблюдений (с 2009 по 2018 год). Температурный режим июля влияет на радиальный прирост особей южной опушки менее отрицательно, чем в июне, но по сравнению с другими хронологиями («КС», «КЦс», «КЦю») отмечается стабильный климатический сигнал (коэффициент чувствительности равен 0,4, за исключением 2013 года ($r = 0,5$)).

У древесно-кольцевой хронологии «КЮ», рисунок 6.12, по сравнению с другими хронологиями («КС», «КЦс», «КЦю») влияние осадков осенне-зимнего периода на прирост годичного кольца, с началом вегетационного периода почти не наблюдается (исключение январь 2012 года, $r = 0,4$). В мае наблюдается стабильный климатический сигнал, коэффициент чувствительности соответствует 0,5, по сравнению с другими хронологиями он наиболее схож с ДКХ южной стороны центрального ряда («КЦю»). Осадки июня оказывают существенное влияние на прирост годичного кольца, что подтверждается стабильностью климатического сигнала, и коэффициентом чувствительности, который варьирует от 0,3 до 0,5. Наиболее схожа по стабильности климатического сигнала хронология южной опушки с хронологией «КЦю» ($r = 0,5$), но в отличие от неё, у хронологии южной опушки в период с 2016 по 2018 год коэффициент чувствительности ниже ($r =$ от 0,3 до 0,4). В отдельные годы на прирост годичного кольца у особей южной опушки, могут оказывать влияние осадки июля.

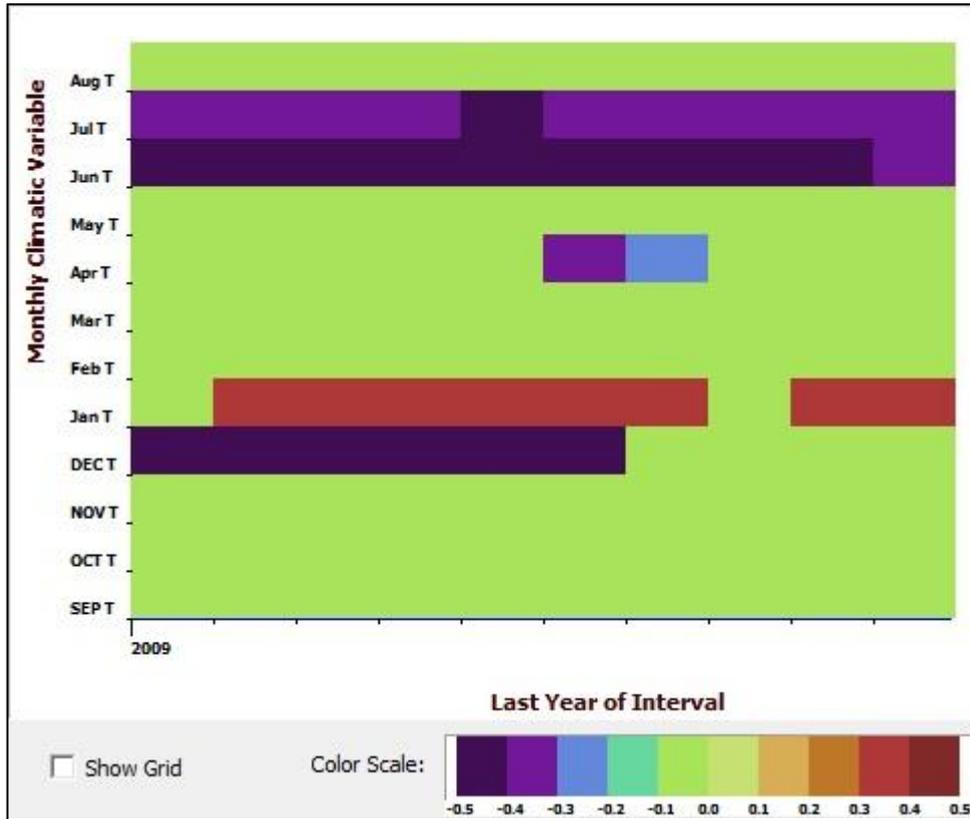


Рисунок 6.11 – Функция отклика индексов прироста древесины на среднемесячную температуру воздуха с сентября предшествующего по август текущего года (ПП 20, хронология – «КЮ») за период с 2009 по 2018 год.

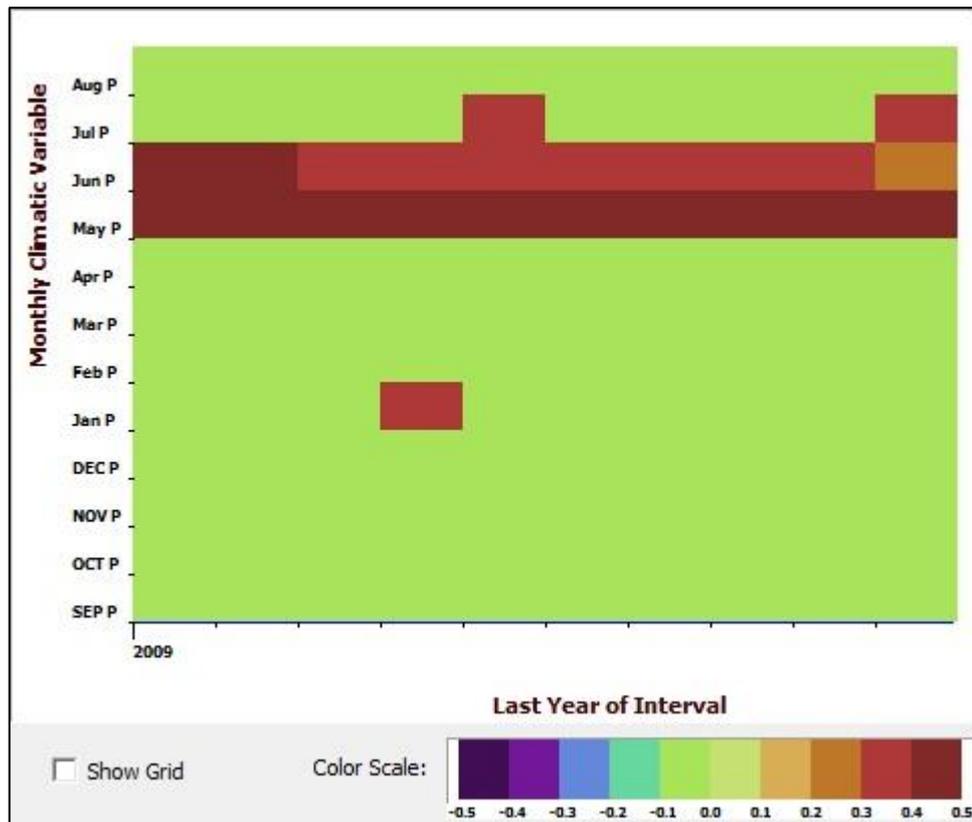


Рисунок 6.12 – Функция отклика индексов прироста древесины на среднемесячное количество осадков с сентября предшествующего по август текущего года (ПП 20, хронология – «КЮ») за период с 2009 по 2018 год.

Лесостепная зона Северо-Казахстанской области. Для древесно-кольцевой хронологии «ПС», рисунок 6.13, явной чувствительности к климатическим изменениям, с величиной коэффициента чувствительности более 0,3, не выявлено. Заслуживает внимание функция отклика на количество осадков июня ($r = 0,30$), что в свою очередь свидетельствует о влиянии данного лимитирующего фактора, но это влияние не столь значительно в данных лесорастительных условиях, и вероятно проявляется только тогда, когда возрастает уровень дефицита влаги в почве.

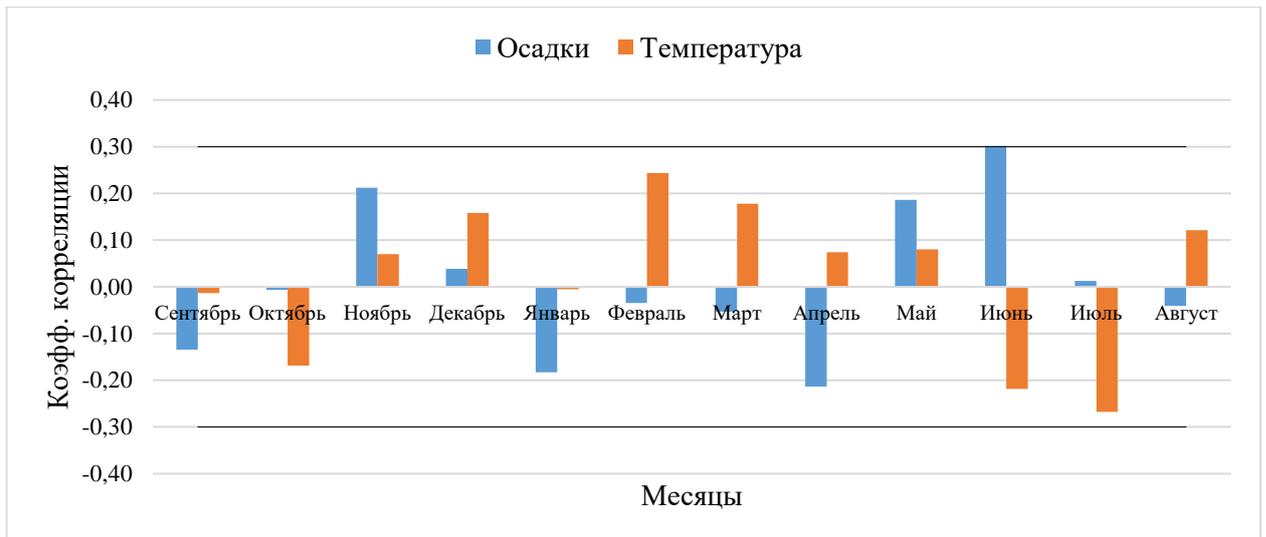


Рисунок 6.13 – Функция отклика индексов прироста древесины на среднемесячную температуру воздуха и количество осадков с сентября предшествующего по август текущего года (ПП 12, хронология – «ПС»)

Функция отклика индексов прироста древесины на среднемесячную температуру и количество осадков, с 2000 по 2018 год по хронологии «ПС», рисунок 6.14-6.15, свидетельствует о незначительном влиянии данных лимитирующих факторов, причем лишь в отдельные годы. Длительная динамика влияния температуры на радиальный прирост деревьев северной опушки лесной полосы не зафиксирована, наблюдаются лишь интервалы не более 3-х лет. Так, например, отмечается влияние температур января с 2013 по 2015 год, коэффициент чувствительности соответствует 0,5, и температур февраля ($r = 0,4$). Отрицательный коэффициент чувствительности ($r = -0,2$; $-0,3$) температур июня свидетельствует, что повышение среднемесячной температуры этого месяца негативно влияет на прирост древесины.

Положительная связь с осадками, свидетельствующая о влиянии дефицита влаги на радиальный прирост наблюдается в мае за период с 2002 по 2015 год ($r = 0,4$), за исключением 2002 года, в котором коэффициент чувствительности соответствует 0,3. Значимая положительная связь прироста с количеством осадков в июне месяце наблюдается в 2000 году ($r = 0,4$), 2001 и 2017 годах ($r = 0,3$). Заслуживает внимание тот факт, что положительная связь с осадками ноября

предшествующих лет, в период с 2016 по 2018 год, вероятно, связана с накоплением осадков этого месяца, что в последствии оказывает положительное влияние на прирост с началом вегетационного периода.

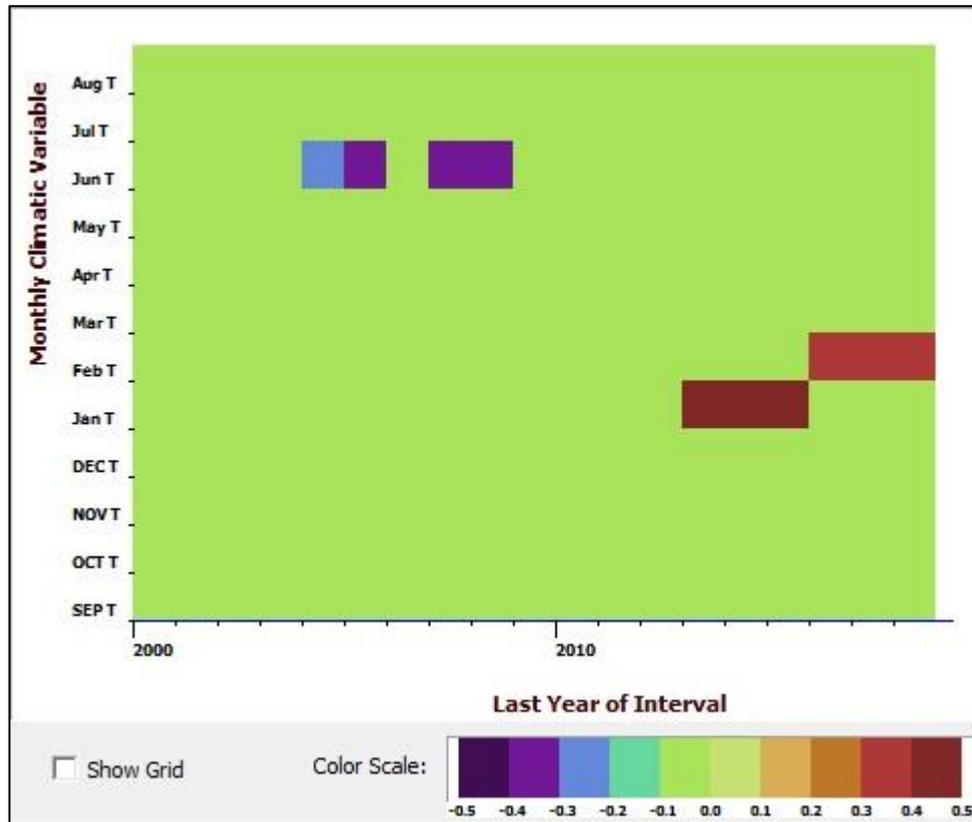


Рисунок 6.14 – Функция отклика индексов прироста древесины на среднемесячную температуру воздуха с сентября предшествующего по август текущего года (ПП 12, хронология – «ПС») за период с 2000 по 2018 год.

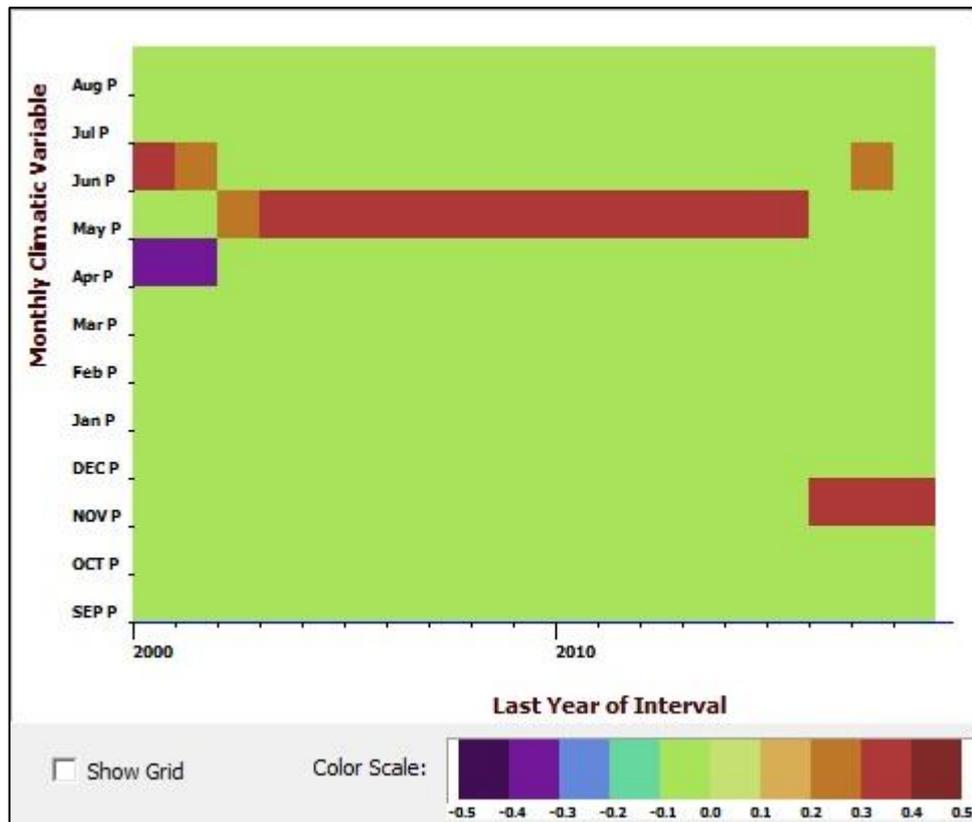


Рисунок 6.15 – Функция отклика индексов прироста древесины на среднемесячное количество осадков с сентября предшествующего по август текущего года (ПП 12, хронология – «ПС») за период с 2000 по 2018 год.

У древесно-кольцевой хронологии «ПЮ» (южная опушка), как и у хронологии северной опушки («ПС»), наблюдается влияние осадков июня ($r = 0,31$) и отрицательное влияние температур июля ($r = -0,30$) на радиальный прирост, рисунок 6.16. Как отмечалось ранее, из-за большей прогреваемости южной опушки лесной полосы увеличивается испарение влаги из почвы, в данном случае это оказывает влияние на радиальный прирост, что подтверждается коэффициентом чувствительности хронологии к температурному режиму июля.

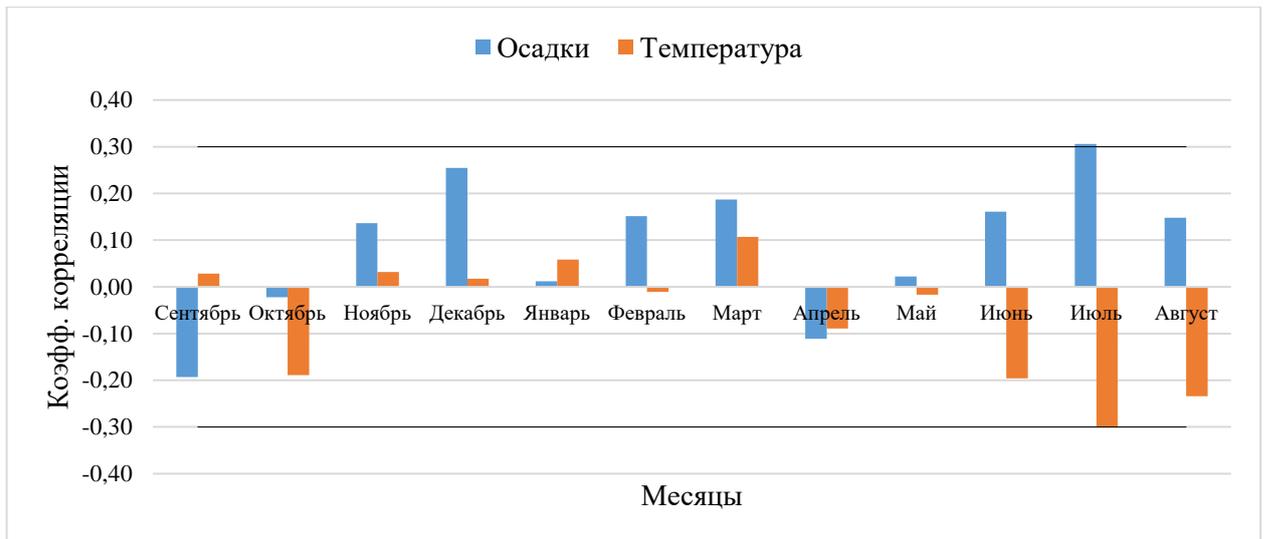


Рисунок 6.16 – Функция отклика индексов прироста древесины на среднемесячную температуру воздуха и количество осадков с сентября предшествующего по август текущего года (ПП 12, хронология – «ПЮ»)

Функция отклика индексов прироста древесины на среднемесячную температуру и количество осадков, с 2001 по 2018 год по хронологии «ПЮ», рисунок 6.17-6.18, свидетельствует, что за рассматриваемый период наблюдений отмечается значимая как отрицательная, так и положительная связь с температурой и осадками.

В отличие от ДКХ северной опушки, на южной опушке полосы лимитируют прирост древесины температуры июля и августа. Так, по данным наблюдений отмечается влияние температур июля с 2001 по 2007 год, коэффициент чувствительности соответствует -0,4, за исключением 2002 года ($r = -0,5$). Температурный режим июля, по сравнению с июнем, на южной опушке оказывает более существенное влияние на прирост. Длительная динамика отклика хронологии на температурный режим наблюдается в период с 2001 по 2015 год (за исключением 2010 и 2011 годов), коэффициент чувствительности варьирует от -0,3 до -0,5. В отдельные годы наблюдается как положительное, так и отрицательное влияние температуры на радиальный прирост, это в свою очередь проявляется посредством отклика (чувствительности хронологии) в различные месяцы.

Положительная связь с осадками, свидетельствующая о влиянии дефицита влаги на радиальный прирост у особей южной опушки наблюдается в марте и июле. В отличие от северной опушки лесной полосы, на южной отклик индексов радиального прироста на температуру менее выражен. Значимая положительная связь прироста с количеством осадков в марте наблюдается в 2002, 2003, 2010 и 2011 году ($r = 0,5$), в июле в 2008 и 2009 годах ($r = 0,4$). Заслуживает внимание тот факт, что положительная связь с осадками марта, в различные годы, вероятно, связана с накоплением осадков этого месяца, что в последствии оказывает положительное влияние на прирост с началом вегетационного периода. В данном случае лесная полоса, вероятно, выступает как саморегулирующаяся система, накапливая снежные массы, тем самым способствуя запасанию влаги в почве с началом процесса снеготаяния, что в дальнейшем оказывает положительное влияние на прирост древесины.

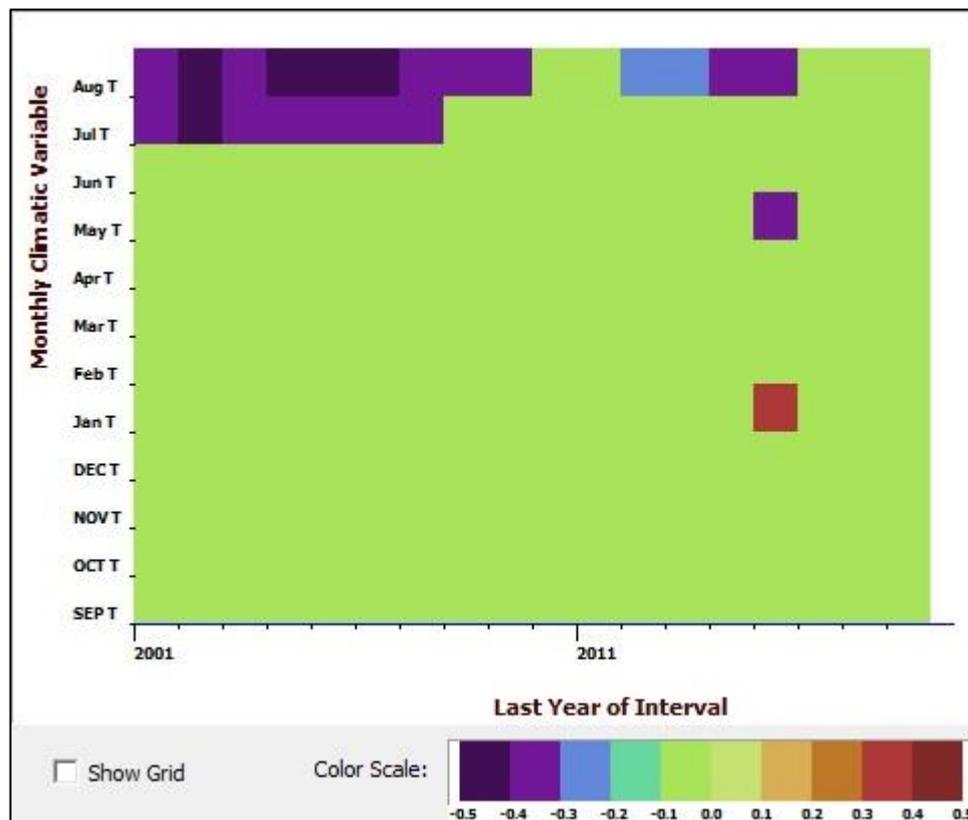


Рисунок 6.17 – Функция отклика индексов прироста древесины на среднемесячную температуру воздуха с сентября предшествующего по август текущего года (ПП 12, хронология – «ПЮ») за период с 2001 по 2018 год.

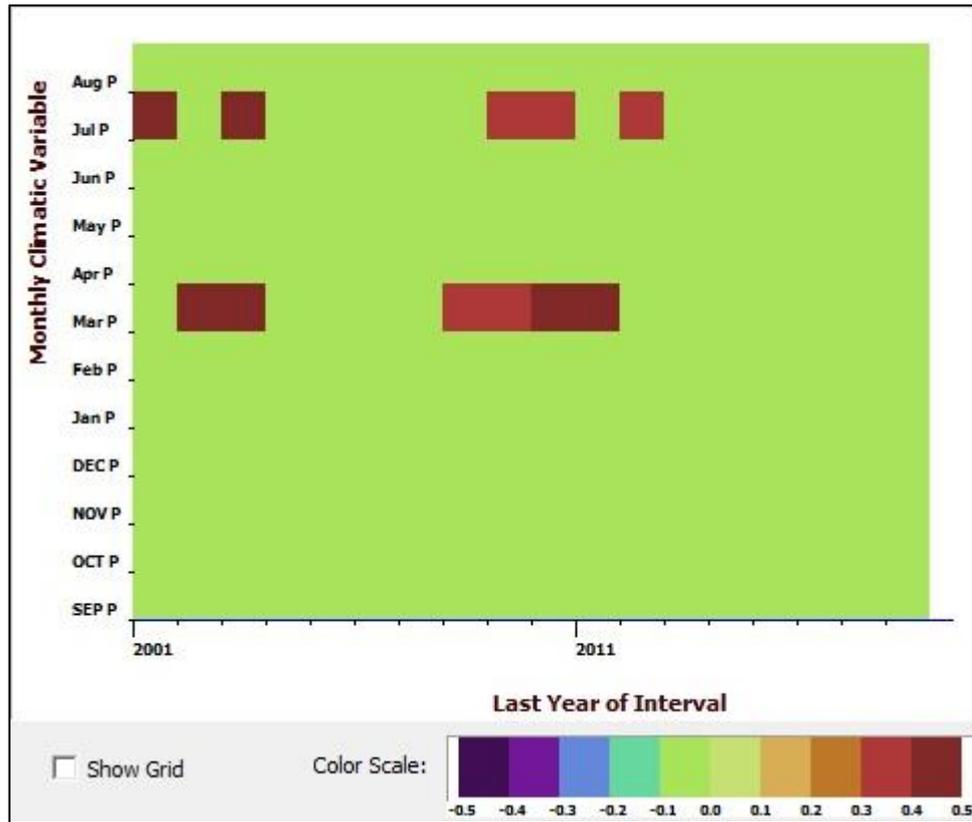


Рисунок 6.18 – Функция отклика индексов прироста древесины на среднемесячное количество осадков с сентября предшествующего по август текущего года (ПП 12, хронология – «ПЮ») за период с 2001 по 2018 год.

6.4. Различие радиального прироста деревьев в рядах посадки придорожных полос

По данным ряда авторов (Пугачев, 1975, 1986; Абакумова, 2017) в экстремальных условиях значительно возрастает влияние климатических факторов на продуктивность лесных насаждений и на их биологическую жизнестойкость. Экосистемы зональных экотонов, такие как: лесостепь, сухая степь, северная полупустыня, являются наиболее чувствительными к климатическим изменениям (Рулев, 2017).

По мнению А.С. Манаенкова (2014), в засушливых условиях, где потенциальное испарение значительно превышает количество выпадающих осадков, губительное воздействие дефицита почвенной влаги на древостой лесных

полос исключить нельзя, это в свою очередь в комплексе с температурным режимом (как это было показано нами ранее) напрямую влияет на радиальный прирост в рядах посадки защитных полос.

Радиальный прирост, по мнению ряда авторов (Залесов, Луганский, 1989; Пшеничникова, 2008; Vincent et al, 2011), является наиболее достоверным показателем, который отражает происходящие изменения в состоянии древостоев, при оценке воздействия различных факторов на лесные экосистемы.

Следует отметить, что на радиальный прирост в многорядных посадках придорожных лесных полос будет оказывать процесс смыкания крон, и вследствие этого увеличение конкурентных взаимоотношений между особями в рядах посадки. По данным А.И. Новосельцевой (1984), сроки перевода в покрытую лесом площадь лесных культур в Казахстане, в нашем случае придорожных полос, для лесостепной зоны – 4 года, для степной и полупустынной – 5 лет.

В этой связи научный интерес вызывает изучение неоднородности радиального прироста в древостоях придорожных полос в зависимости от лесорастительных условий, возраста, мелиоративно-таксационных показателей и расположения деревьев в лесной полосе.

Обобщенные древесно-кольцевые хронологии по ширине годичных колец в рядах посадки по исследуемым объектам представлены на рисунках 6.19-6.23.

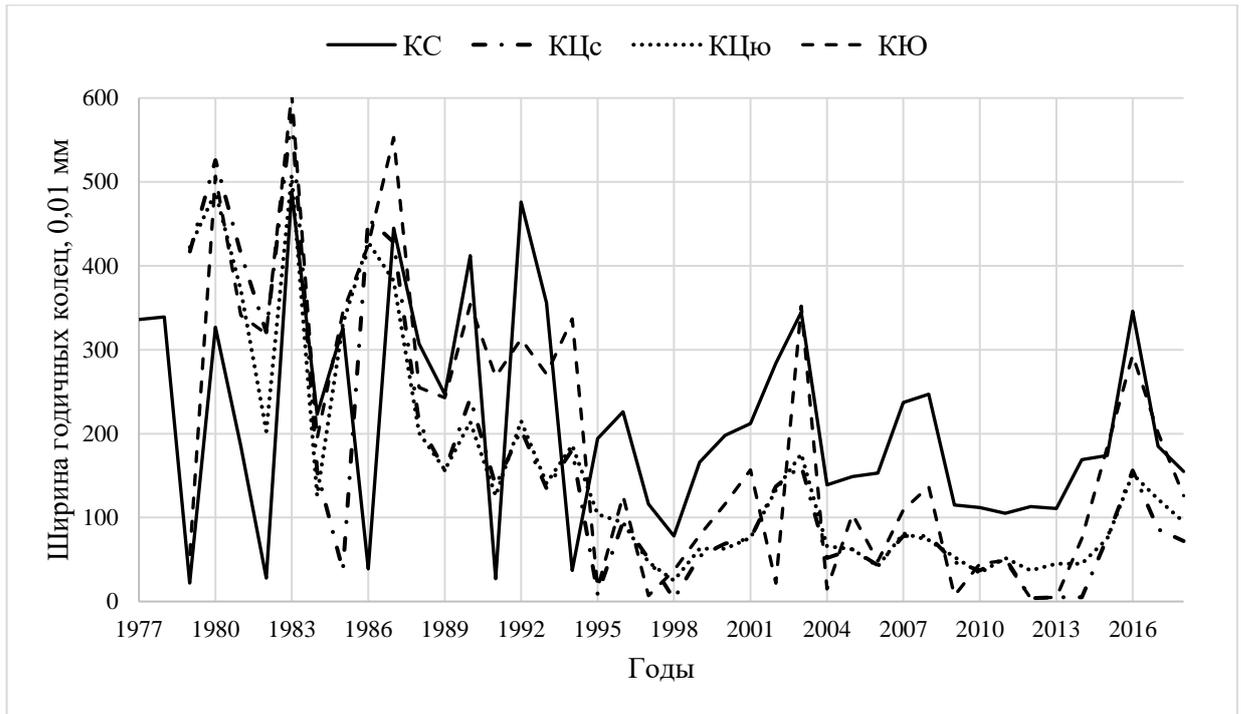


Рисунок 6.19 – Сопоставление хронологий по ширине годичных колец в рядах посадки по ПП 20 (Костанай).

Индексы ширины годичных колец построенных хронологий на ПП 20 (рисунок 6.19) имеют достаточно высокую синхронность и хорошо коррелируют друг с другом. По мере роста и развития древостоя 13-рядной придорожной защитной полосы наблюдается закономерное снижение радиального прироста с увеличением возраста.

В среднем период интенсивного роста после стадии смыкания крон (1982 год) на ПП 20, как в центральных рядах, так и на опушках древостоя, наблюдался до 1988 года (в течении 6 лет). С возрастанием конкурентных взаимоотношений в ценозе, отмечается период замедленного роста (с 1988 по 1995 год), следом наблюдается период медленного роста (с 1995 по 2018 год) с незначительным отклонением индексов прироста в отдельные временные отрезки (отдельные года). Следует отметить, что индекс ширины годичного кольца в период с 1988 по 2018 год (год взятия кернов) у ДКХ северной и южной опушек на порядок выше чем у хронологий центрального ряда.

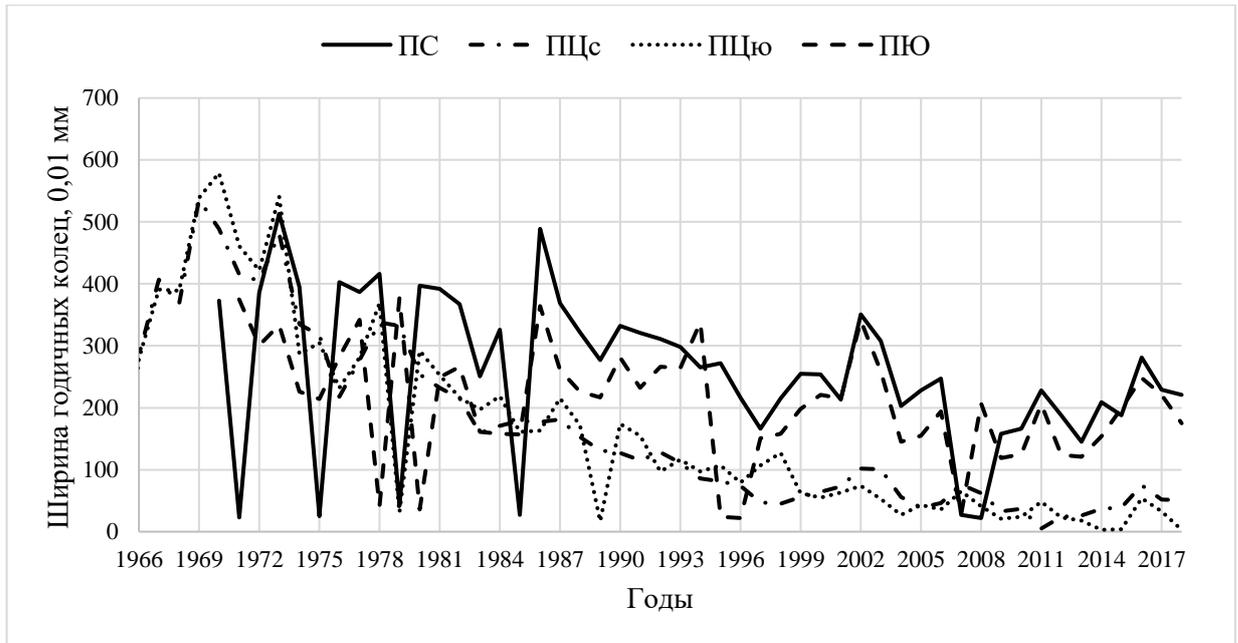


Рисунок 6.20 - Сопоставление хронологий по ширине годичных колец в рядах посадки по ПП 12 (Петропавловск).

По данным рисунка 6.20 видно, что, как и на ПП 20 (Костанайская область) на ПП 12 индексы ширины ДКХ имеют достаточно высокую синхронность, хорошо коррелируют друг с другом и в целом отражают те же закономерности изменения прироста с увеличением возраста. Амплитуда этих изменений у древесно-кольцевых хронологий крайних рядов (северная «ПС» и южная «ПЮ» опушки) выражена более отчетливо по сравнению с центральными рядами, в частности это более заметно в период с 1980 по 2018 год.

Период интенсивного роста на ПП 12 после стадии смыкания крон (1966 год), как в центральных рядах, так и на опушках древостоя, наблюдался до 1979 года (в течении 13 лет). Период замедленного роста отмечается с 1979 по 1996 год, следом до 2018 года наблюдается период медленного роста с незначительным отклонением индексов прироста в отдельные временные отрезки (отдельные года).

Отдельного внимания заслуживает сравнение индексов прироста ДКХ исследуемых полос не только с точки зрения различия лесорастительных условий, но и влияния на радиальный прирост одного набора лимитирующих факторов, как климатических, так и фитоценологических.

Сравнение хронологий по ширине годовых колец и синхронности приростов в рядах посадки, в зависимости от условий местопроизрастания представлено на рисунках 6.21-6.23.

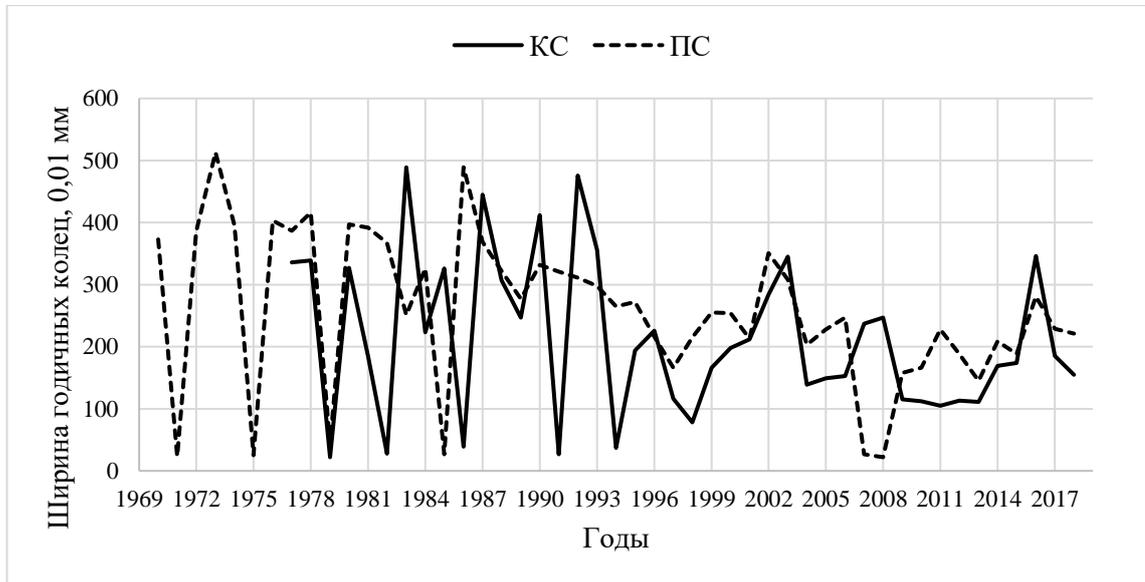


Рисунок 6.21 - Сравнение хронологий по ширине годовых колец и синхронности приростов на северной опушке между ПП 20 (Костанай) и ПП 12 (Петропавловск) в перекрестный период.

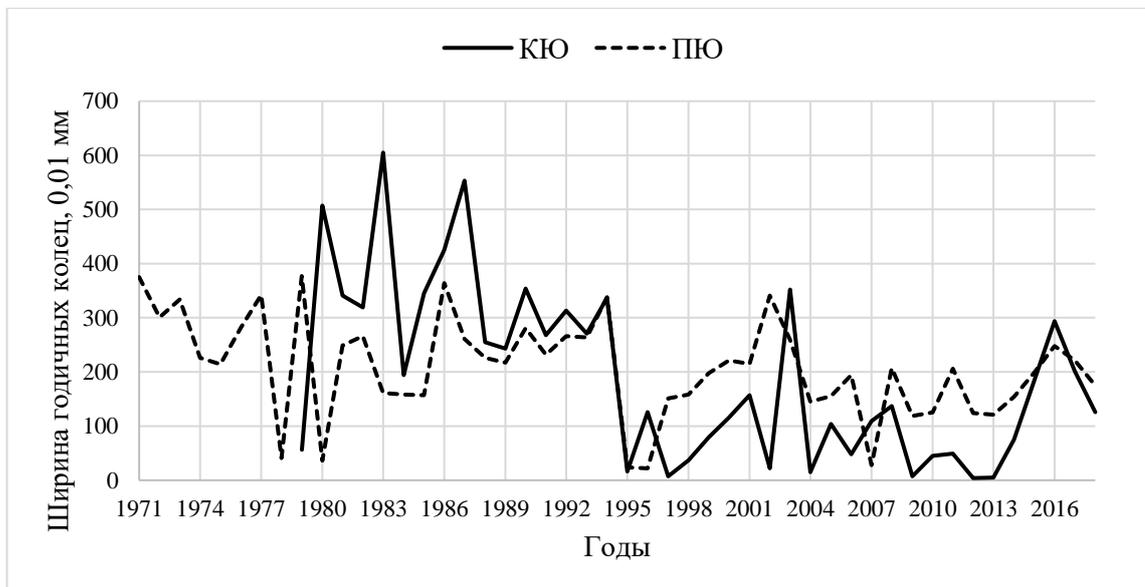


Рисунок 6.22 - Сравнение хронологий по ширине годовых колец и синхронности приростов на южной опушке между ПП 20 (Костанай) и ПП 12 (Петропавловск) в перекрестный период.

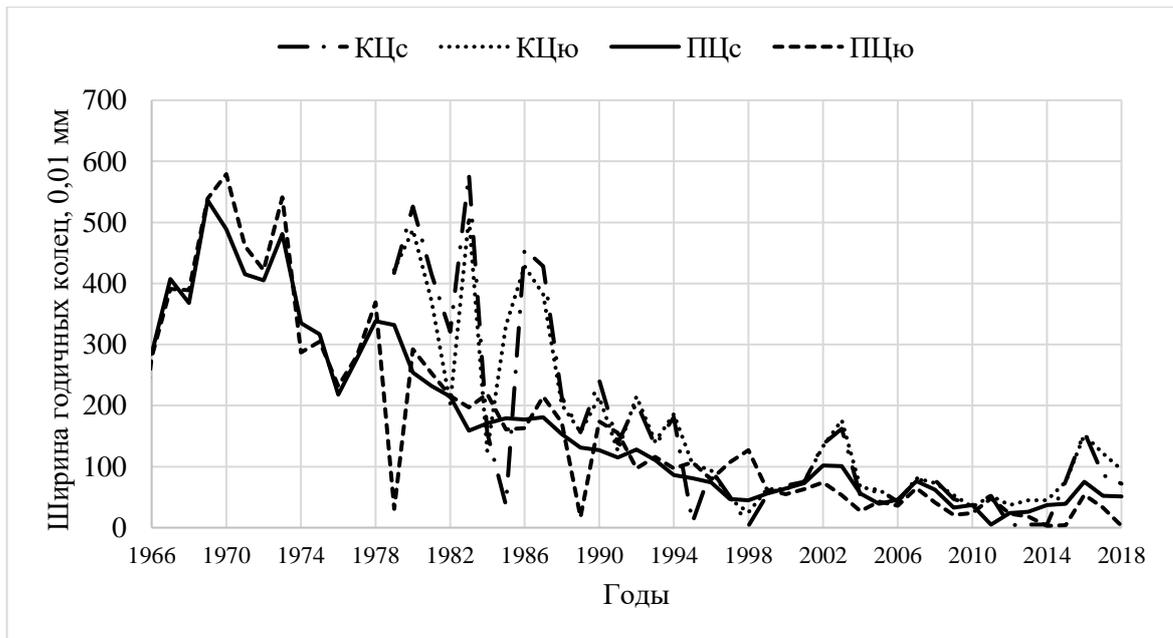


Рисунок 6.23 - Сравнение хронологий по ширине годичных колец и синхронности приростов в центральном ряду между ПП 20 (Костанай) и ПП 12 (Петропавловск) в перекрестный период.

Сравнение полученных обобщенных ДКХ (рисунок 6.21-6.23) показало, что все древесно-кольцевые хронологии по берёзе повислой свидетельствуют о достаточно синхронной связи и динамике изменений радиального прироста в сравниваемых лесорастительных условиях, независимо от положения в рядах посадки придорожных полос. Определенная асинхронность, которая наблюдается в некоторые временные отрезки, в рядах посадки, вероятно связана со спецификой лесорастительных условий и некоторыми различиями таксационно-мелиоративных показателей (возраст, ширина междурядий и шаг посадки). Кроме этого берёза повислая является достаточно сложным объектом для проведения дендрохронологических исследований, а в совокупности с тем, что данная порода составляет древостой исследуемых объектов (лесных полос), и помимо прочего находится в условиях жёсткой внутривидовой (ценотической) конкуренции, то это в целом отражается на радиальном приросте, когда в один и тот же календарный год у деревьев с абсолютно одинаковыми таксационными показателями,

находящимися в одинаковых условиях, и рост которых лимитируется одними и теми же факторами радиальный прирост будет отличаться.

Высокая согласованность изменений радиального прироста в рядах посадки, несмотря на достаточно большое удаление исследуемых придорожных полос друг от друга, является ответом на изменения климатических факторов в конкретном регионе исследований.

Одним из наиболее информативных показателей, характеризующих проявление краевого эффекта в многорядных посадках, на наш взгляд, является отношение индекса прироста годовых колец за класс возраста древостоя у особой крайних и центральных рядов. Такое сравнение, наряду с другими таксационными показателями позволит объективно оценить неоднородность прироста древесины в рядах посадки, в зависимости от мелиоративно-таксационной характеристики древостоя и проследить данную закономерность на различных возрастных этапах. Характеристика радиального прироста древесно-кольцевых хронологий в зависимости от классов возраста исследуемых защитных полос представлена в таблице 6.6.

Таблица 6.6 – Характеристика радиального прироста ДКХ в зависимости от классов возраста исследуемых защитных полос

Наименование ДКХ	Класс возраста древостоев				
	10 лет (I)	20 лет (II)	30 лет (III)	40 лет (IV)	50 лет (V)
	индекс прироста, 0,01 мм				
<i>Костанайская область</i>					
1	2	3	4	5	6
КС	23,91	21,69	21,30	15,85	–
КЦс	35,47	12,15	8,10	5,40	–
КЦю	34,60	13,09	8,35	7,10	–
КЮ	36,00	19,72	11,39	9,90	–

<i>Северо-Казахстанская область</i>					
ПС	29,87	31,52	25,73	19,23	–
ПЦс	33,72	17,25	8,07	6,25	–
ПЦю	32,21	17,87	10,02	4,47	–
ПЮ	25,28	23,40	18,74	17,88	–
перекрестный период					
ПС	–	29,82	26,73	21,08	20,13
ПЦс	–	20,53	9,45	6,75	3,79
ПЦю	–	19,19	10,76	5,19	2,31
ПЮ	–	22,55	19,53	19,63	16,92

Сравнение показателей радиального прироста за класс возраста исследуемых защитных полос (таблица 6.6), свидетельствует о тенденции уменьшения данного показателя не только с увеличением возраста насаждений, но и при переходе от крайних (опушечных рядов) к центральным.

Заслуживает внимания тот факт, что в первые 10 лет с момента создания придорожной полосы в условиях степной зоны Костанайской области радиальный прирост в рядах посадки (за исключением северной опушки) был примерно одинаковым и варьировал от 34,6 до 36,0 мм. По мере роста и развития древостоя, во II классе возраста наблюдается резкое снижение прироста древесины в центральном ряду (по хронологии «КЦс» на 65,7%, по хронологии «КЦю» на 62,2%).

Значительный интерес вызывает изменение показателя радиального прироста во II классе возраста по отношению к I классу возраста. Так, уменьшение прироста древесины по хронологии «КС» снизилось на 9,3%, а у хронологии «ПЮ» на 45%. Отмечается, что во II классе возраста радиальный прирост южной опушки в сравнении с северной, заметно уменьшился, хотя в I классе возраста наблюдается противоположная зависимость.

При сопоставлении радиального прироста центрального ряда во II классе возраста, наблюдается значительное снижение данного показателя по сравнению с северной опушкой (от 44,0% «КЦс» до 39,6% «КЦю») и южной (от 38,4% «КЦс»

до 33,6% «КЦю»). В дальнейшем, по мере увеличения возраста придорожной полосы, до IV класса, наблюдается тенденция снижения прироста древесины в рядах посадки, причем в центральных рядах и на южной опушке, в сравнении с северной опушкой, это более заметно.

В условиях лесостепной зоны Северо-Казахстанской области, в целом, наблюдается такая же тенденция изменения радиального прироста в рядах посадки с увеличением возраста защитной полосы, но с некоторыми особенностями.

С момента создания защитной полосы (ПП 12), до достижения ею возраста 10 лет (I класс возраста) радиальный прирост в центральном ряду был выше, по сравнению с крайними. Во II классе возраста отмечается противоположная зависимость – прирост древесины крайних рядов заметно превышает прирост в центральном ряду. Такое кардинально противоположное изменение радиального прироста, вероятно связано с тем, что на начальном этапе роста и развития, центральные ряды находятся в лучших условиях, меньше подвергаются воздействию ветров (крайние ряды являются ветроударными), лучшим образом препятствуют испарению влаги из почвы, отличаются лучшим ростом. Однако, как только особи центральных рядов начинают активно конкурировать за свет и элементы питания, их корневые системы полностью осваивают междурядья, что влечет за собой ухудшение их роста и вследствие этого снижение прироста древесины. Отличие радиального прироста в центральном ряду лесной полосы, в сравнении с северной опушкой, отмечается практически в 1,8 раза (II класс), в 2,6-3,2 раза (III класс), в 3-4,3 раза (IV класс).

Сравнение показателей радиального прироста древесины в перекрестный период в рядах посадки придорожных защитных лесных полос в степной и лесостепной зонах свидетельствует о том, что в условиях лесостепи Северного Казахстана, где действие лимитирующих факторов выражено в меньшей степени, и даже в условиях более острой фитоценотической конкуренции в древостое, радиальный прирост в зависимости от классов возраста выше.

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

Наряду со стандартизированным индексом осадков (SPI), рекомендованным для мониторинга засух, широко используется индекс сухости SPEI (Drought index), который отражает аридность климата. Индекс SPEI представляет собой меру интенсивности и длительности засухи (Vicente-Serrano et al., 2010). Индекс основан на расчете ежемесячных временных рядов осадков и средней температуры с учетом географических координат. Процедура определения величины индекса полностью повторяет процедуру расчета для индекса SPI, но дополнительно к величине осадков учитывается также и приземная температура.

SPEI определяется как разность (D_i) между величинами осадков (P_i) и потенциальной эвапотранспирации (PET_i), где i – порядковый номер расчетного месяца:

$$D_i = P_i - PET_i \quad (6.1)$$

PET (мм) вычисляется по формуле:

$$PET = 16 \times K \times (10 \times T \times I^{-1})^m \quad (6.2)$$

где T – средняя месячная температура в °С; I – индекс потока тепла; m – коэффициент, зависящий от I ; K – корректирующий коэффициент, вычисляемый как функция широты и времени года, учитывающий продолжительность солнечного сияния в течение дня.

Преимущество этого индекса не только в более детальном учете дефицита почвенной влаги, но и в том, что создан общедоступный банк данных SPEI с 1901 по текущий год на различных масштабах времени от 2 недель и до 48 месяцев с пространственным разрешением $0,5 \times 0,5^\circ$ географической сетки для всей планеты.

Данные SPEI были получены с web-портала KNMI Climate Explorer (<http://climexp.knmi.nl/>), путем загрузки стандартизированных древесно-кольцевых хронологий и проведения автоматизированного анализа.

Построенные пространственно-временные графики, отражающие степень влияния засухи на прирост годичного кольца в условиях лесостепной и степной зон Северного Казахстана, представлены на рисунках 6.24-6.26. Northern edge of the forest strip – северная опушка лесной полосы, southern edge of the forest strip – южная опушка лесной полосы.

corr May–Nov averaged Kostanay. Northern edge of the forest strip index
with May–Nov averaged CSIC SPEI 12 1977:2013 $p < 5\%$

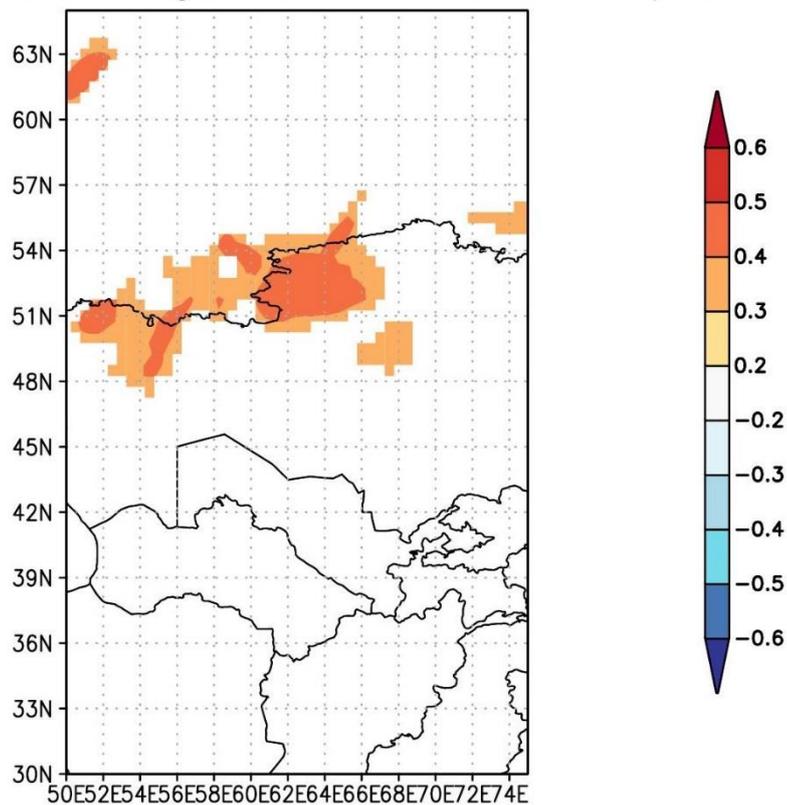
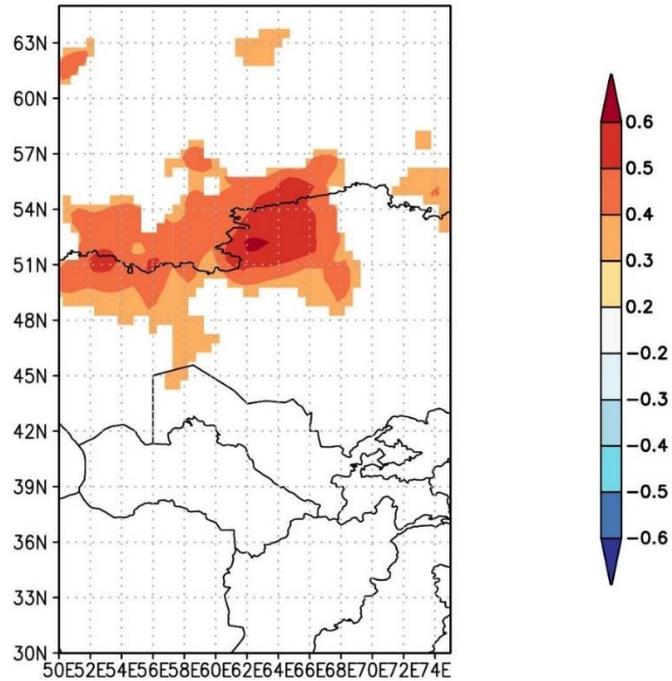
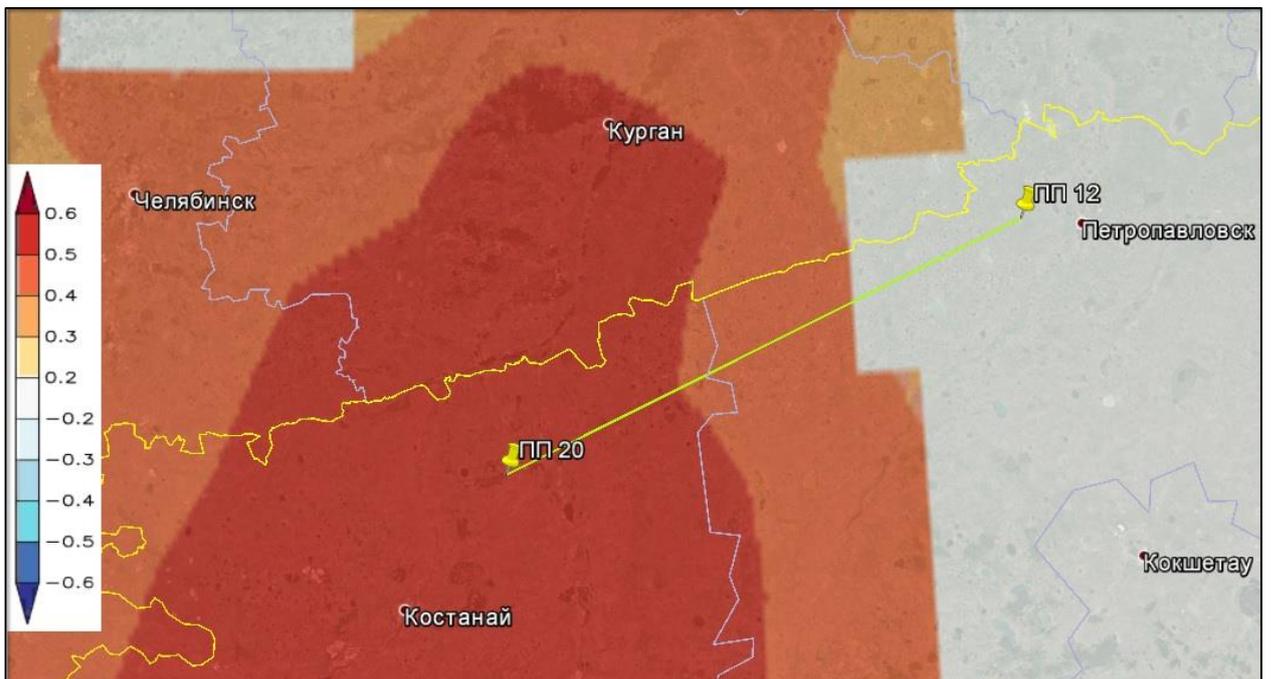


Рисунок 6.24 – Пространственно-временной стандартизированный индекс осадков-эвапотранспирации (SPEI) отражающий степень влияния засухи на прирост годичного кольца (ДКХ «КС»), рассчитанный с мая по ноябрь (*степная зона*)

corr May–Dec averaged Kostanay. Southern edge of the forest strip index
with May–Dec averaged CSIC SPEI 12 1979:2013 $p < 5\%$



А)



Б)

Рисунок 6.25 (А,Б) – Пространственно-временной стандартизированный индекс осадков-эвапотранспирации (SPEI) отражающий степень влияния засухи на прирост годичного кольца (ДКХ «КЮ»), рассчитанный с мая по декабрь (*степная зона*)

corr Jun–Jul averaged Petropavlovsk. Southern edge of the forest strip index
with Jun–Jul averaged CSIC SPEI 12 1971:2013 $p < 5\%$

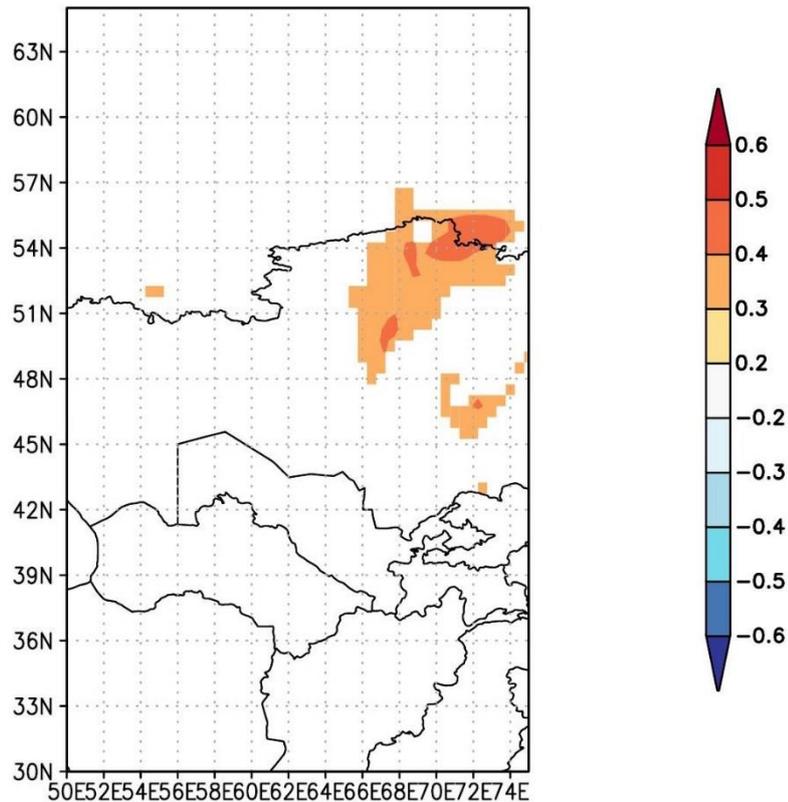


Рисунок 6.26 – Пространственно-временной стандартизированный индекс осадков-эвапотранспирации (SPEI) отражающий степень влияния засухи на прирост годичного кольца (ДКХ «ПЮ»), рассчитанный с июня по июль (лесостепная зона)

Оценка корреляционной связи между древесно-кольцевыми хронологиями северной и южной опушек придорожных лесных полос, произрастающих в лесостепной и степной зонах Северного Казахстана и индексом осадков-эвапотранспирации (SPEI) показывает, что наиболее тесная связь радиального прироста с индексом сухости выявлена в условиях степной зоны Костанайской области. Значимая положительная связь проявилась между ДКХ «КС» и индексом SPEI (усредненные данные с мая по ноябрь), в период наблюдений с 1977 по 2013 год, коэффициенты корреляции соответствуют 0.3-0.4.

Более значимая положительная связь индекса SPEI зафиксирована с хронологией южной опушки лесной полосы «КЮ» в период наблюдений с 1979 по

2013 год (усредненные данные с мая по декабрь), коэффициенты корреляции соответствуют 0.3-0.5. Следует отметить, что возрастание индекса SPEI указывает на увеличение засушливости в конкретных лесорастительных условиях, что отражается на радиальном приросте.

Связь индекса SPEI с древесно-кольцевой хронологией северной опушки («ПС») лесной полосы в условиях лесостепной зоны не проявилась. В отличие от северной опушки лесной полосы, где радиальный прирост крайних рядов не подвержен влиянию засухи, прирост у особей южной опушки (хронология «ПЮ») по-видимому в некоторые временные периоды, лимитируется дефицитом влаги в почве.

Выводы

1. Все полученные древесно-кольцевые хронологии характеризуются достаточно высоким коэффициентом чувствительности, значения которого наблюдаются от 0,31 до 0,55. Наиболее возрастает значение данного показателя в центральных рядах посадки и по мере ухудшения лесорастительных условий (в степной зоне $K_s = 0,47-0,55$, а в лесостепной 0,31-0,5). Достаточно высокие коэффициенты чувствительности свидетельствуют о том, что в условиях Северного Казахстана радиальный прирост берёзовых древостоев придорожных полос находится под сильным влиянием климатических условий.

2. Показатели корреляции между сериями (автокорреляция I-го порядка) свидетельствуют о высокой связи величины прироста предшествующего года с приростом текущего года. У всех индексированных рядов значения варьируют от 0,59 до 0,79 (за исключением хронологий центрального ряда на ПП 12 (лесостепная зона)). В условиях степной зоны (Костанай) наблюдаются более высокие показатели автокорреляции I-го порядка (значения варьируют от 0,75 до 0,79) по сравнению с лесостепной зоной (Петропавловск), где значения варьируют от 0,59-0,70.

3. Увеличение коэффициентов корреляции между хронологиями в «южном направлении» (от северной опушки лесной полосы к южной), свидетельствует о том, что радиальный рост берёзовых полос в пределах исследуемых районов находится под влиянием одного набора лимитирующих факторов. В условиях лесостепной зоны Северо-Казахстанской области, на прирост годичного кольца в центральных рядах, помимо лимитирующих факторов оказывает существенное влияние увеличение густоты ценоза.

4. По мере увеличения возраста насаждений и закономерного уменьшения радиального прироста в древостоях придорожных защитных лесных полос в условиях Северного Казахстана возрастает влияние лимитирующих факторов, которое в большей степени проявляется в центральных рядах и южных опушках лесных полос.

5. Функции отклика ширины годичного кольца на температуру воздуха показывают положительное влияние на прирост годичного кольца деревьев в рядах посадки придорожных полос в условиях степной зоны температур января (хронологии «КС», «КЦс», «КЦю» и «КЮ») и февраля («КЦс»), а также отрицательное влияние температур июня («КЦю», «КЮ») и июля («КС», «КЦю», «КЮ»). 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. Отрицательное влияние температуры июля в условиях лесостепной зоны отмечается на южной опушке лесной полосы.

6. Положительное влияние на радиальный прирост в условиях степной зоны оказывает количество осадков ноября («КЦс», «КЦс»), декабря («КЦю»), а также января и февраля у хронологии южной опушки («КЮ»). Отрицательное влияние оказывает дефицит осадков в мае («КЦю», «КЮ»), июне («КЦю», «КЦю», «КЮ»). 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 берёзовых древостоев придорожных полос более выражено в условиях степной зоны Северного Казахстана по сравнению с лесостепной.

7. Индексы ширины годовых колец построенных хронологий имеют достаточно высокую синхронность не только в пределах одной пробной площади, но и с учетом различия лесорастительных условий. Сравнение показателей радиального прироста за класс возраста исследуемых защитных полос, свидетельствует о тенденции уменьшения данного показателя не только с увеличением возраста насаждений, но и при переходе от крайних (опушечных рядов) к центральным. Индекс радиального прироста в центральном ряду лесной полосы по сравнению с крайними рядами в зависимости от класса возраста древостоя может различаться в 1,8-4,3 раза. Такое положение является проявлением краевого (опушечного) эффекта.

8. Высокая согласованность изменений радиального прироста деревьев в рядах посадки, несмотря на достаточно большое удаление исследуемых придорожных полос друг от друга, является ответом на изменения климатических факторов в конкретном регионе исследований.

9. Корреляционная связь между древесно-кольцевыми хронологиями северной и южной опушек придорожных лесных полос и индексом осадков-эвапотранспирации (SPEI) показывает, что в условиях степной зоны деревья, произрастающие на южной опушке лесной полосы, в большей степени реагируют на увеличение засушливости в конкретных лесорастительных условиях, что отражается на их радиальном приросте.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В соответствии с современными тенденциями в оценке экологической и социальной роли лесов, проведены комплексные исследования структуры, состояния, надземной фитомассы и защитно-мелиоративной эффективности придорожных защитных лесных полос. Теоретическую часть работы составляют: исследования дифференциации деревьев в защитных полосах разных пород по размерам стволов и крон; ранжирование защитных полос разных пород по величине показателей роста и продуктивности, степени дифференциации деревьев, санитарному и жизненному состоянию древостоев; изучение особенностей формирования надземной фитомассы деревьев и древостоев и фитонасыщенности полос; оценка защитно-мелиоративной эффективности полос различных пород и конструкций; исследование взаимосвязей между радиальным приростом деревьев в полосах и климатическими показателями. Прикладная часть исследований заключается в реализации выявленных закономерностей при разработке рекомендаций по поддержанию конструкции полос, сохранению выполняемых ими функций и улучшению санитарного состояния.

В целом в результате проведенных исследований получены следующие основные обобщения и выводы.

В исследуемых защитных полосах при одинаковом (примерно одинаковом) возрасте древостои разных пород характеризуются различными таксационными показателями. Наиболее высокие таксационные показатели (средние значения диаметра и высоты и запас) характерны древостоям из тополя бальзамического. На втором месте по величине указанных таксационных показателей находятся древостои берёзы повислой. Далее по убыванию этих показателей располагаются древостои сосны обыкновенной, клёна ясенелистного и вяза обыкновенного. Таксационные показатели древостоев в защитных полосах, как и в естественных сомкнутых насаждениях, в значительной степени связаны 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 по таксационным показателям стволов и крон в придорожных защитных полосах выражена в меньшей степени, чем в естественных насаждениях. Этот факт является косвенным показателем их меньшей стабильности и устойчивости. Отличительные особенности дифференциации деревьев в придорожных полосах, на наш взгляд, объясняются, во-первых, с использованием при создании полос одновозрастного, достаточно однородного в генетическом отношении посадочного материала, а во-вторых - условиями произрастания деревьев вблизи дорог. В целом результаты данных исследований дают основание считать защитные полосы вдоль дорог специфическим объектом таксации.

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: березовые, тополевые, сосновая, вязовые и кленовая. Состояние защитных полос в лесостепной зоне лучше, чем в степной, в насаждениях младшего возраста, чем в насаждениях старшего.

В многорядных полосах на состояние деревьев оказывает влияние их размещение и густота стояния. 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 баллов санитарного состояния деревьев с их относительными высотами.

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, в том числе фитомасса стволов в защитных полосах берёзы закономерно увеличивается с повышением их возраста и густоты. В структуре надземной фитомассы изучаемых лесных полос, как и естественных древостоев, преобладают органы, длительно аккумулирующие органическое вещество - стволы и ветви. Приспевающие древостои по сравнению с средневозрастными отличаются существенно низкой долей крон в общей надземной фитомассе и низкой долей 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/м³ в свежем состоянии и от 0,404 до 1,539 кг/м³ – в абсолютно сухом). Плотность надземной фитомассы и количество аккумулированной в ней солнечной энергии на исследуемых объектах повышаются с увеличением возраста насаждений. Эти показатели, безусловно, будут оказывать влияние на ветровой режим вблизи полос.

Все рассматриваемые придорожные полосы эффективно 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.

Дальность ветрозащитного влияния лесных полос достигает наибольшей величины при ветрах, угол подхода которых максимально приближен к 90° (направлен перпендикулярно к полосам). С изменением угла подхода ветрового потока заметно меняется ветрозащитная функция полос.

Влияние на ветровой поток 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. Полосы ажурной и ажурно-продуваемой конструкции лучше снижают скорость ветрового потока в зимний период, по сравнению с другими сезонами.

Наибольшие (в среднем) показатели плотности снежного покрова зафиксированы с наветренной стороны (поле) на удалении от 5 до 30 м у полосы ажурной конструкции (ПП 8) - $245,12 \text{ кг/м}^3$ и у полосы плотной конструкции (ПП 14) на удалении от 5 до 20 м в сторону автодороги - $209,15 \text{ кг/м}^3$.

На заветренной стороне (поле), у лесных полос ажурно-продуваемых конструкций (ПП 2 и 11), расположенной относительно направления господствующих зимних ветров, средний запас снеговой воды в зоне от 5 до 30 м от крайних рядов равен 90,23 и 93,72 мм соответственно. Существенно выше этот показатель наблюдается у полос плотной конструкции и равен 119,92 мм (ПП 13) и 134,52 мм (ПП 14). Минимальный показатель запаса снеговой воды в самой полосе зафиксирован у 1-рядной полосы ажурной конструкции (ПП 8) - 62,7 мм, а максимальный у 3-х рядной полосы (с кустарником в ветроударном опушечном ряду) плотной конструкции (ПП 13) – 125,4 мм.

Наблюдения за отложением снега в полосе отвода автомобильных дорог и его плотностью показывают, что откладываемый 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. Плотность его может варьировать в значительных пределах, от 87,30 до 317,52

кг/м³ на различном расстоянии от полос. Такое различие, как правило, может зависеть от продолжительности и глубины его залегания и распределения снежных масс под действием полос различных конструкций.

Функции отклика ширины годичного кольца на температуру воздуха показывают положительное влияние на прирост годичного кольца деревьев в рядах посадки придорожных полос 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. Отрицательное влияние температуры июля в условиях лесостепной зоны отмечается на южной опушке лесной полосы.

Положительное влияние на радиальный прирост деревьев в условиях степной зоны оказывает количество осадков ноября, декабря, а также января и февраля у хронологии южной опушки. Отрицательное влияние оказывает дефицит осадков в мае, 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 при прочих равных условиях более выражено в степной зоне, на южных опушках и в центральных рядах полос.

В целом результаты исследований расширяют современные знания о структуре, состоянии, устойчивости и защитно-мелиоративной роли придорожных защитных лесных полос и могут служить теоретической и информационной базой для проектирования и проведения лесохозяйственных мероприятий, направленных на оптимизацию конструкций и улучшение условий функционирования полос.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПРОИЗВОДСТВУ

По результатам исследований можно предложить следующие рекомендации производству.

1. Рекомендации по отбору модельных деревьев для изучения надземной фитомассы придорожных лесных полос.

При отборе и назначении модельных деревьев в рубку следует учитывать, что в защитной полосе деревья крайних и центральных рядов существенно отличаются своими структурными параметрами. Деревья одинакового диаметра и возраста в крайних рядах лесных полос по сравнению с центральными характеризуются более интенсивным ростом крон (диаметр кроны и её протяженность). Поэтому фитомассу древостоя следует определять по двум выборкам модельных деревьев: 1-я выборка из крайних рядов, 2-я выборка из центральных. Перечет деревьев следует вести дифференцированно по рядам посадки.

В случаях, когда нарушение целостности полосы не допустимо, а рубка деревьев может привести к нарушению её конструкции и выполняемых защитных функций – отбор модельных деревьев согласуется с лесоводом-мелиоратором и дорожными службами (иными организациями), в ведении которых находятся данные насаждения.

2. Рекомендации по отбору древесных кернов при дендрохронологических исследованиях.

Отбор модельных деревьев в защитных лесных полосах должен осуществляться исходя из конкретных целей и задач исследований с обязательным соблюдением общепринятой методики (Методы дендрохронологии, 2000).

В защитных полосах, где наблюдается высокая густота ценоза и напряженная внутривидовая (межвидовая) конкуренция, следует отбирать модельные деревья, которые произрастают в условиях, где не нарушена целостность* полосы (особенно в центральных рядах посадки).

* Под целостностью мы понимаем условие, при котором на конкретном участке не нарушена конструкция полосы, отсутствуют естественные выпады

деревьев в рядах посадки, отсутствуют «световые окна» (когда из-за самоизреживания полосы вокруг потенциального модельного дерева отсутствуют соседние особи).

Если полоса была подвергнута реконструкции и состоит из разновозрастных деревьев, то предпочтение при отборе кернов следует отдавать старовозрастным деревьям, у которых можно получить более длительные древесно-кольцевые хронологии.

При отборе кернов у модельных деревьев, произрастающих в полосах с высокой плотностью, рекомендуется высверливать радиальные керны в двух направлениях (С-Ю, З-В). Дополнительный радиус нужно брать для облегчения процесса перекрёстного датирования колец, поскольку сравнение двух радиусов позволит легче находить «ложные» и выпавшие кольца. У лиственных пород исходя из опыта проведенного исследования, мы рекомендуем отбирать керны в двух направлениях.

3. Рекомендации по проведению санитарно-оздоровительных мероприятий и осуществлению контрольно-надзорных функций за сохранностью защитных насаждений органам власти Республики Казахстан.

В придорожных защитных лесных полосах региона исследований, в связи с неудовлетворительным санитарным состоянием существует острая необходимость оздоровления насаждений.

Из насаждений необходимо удалить единичные сухостойные, поврежденные снеголомом, ветровалом и буреломом деревья. При наличии в насаждении массовых повреждений деревьев и кустарников (более 20%) вместо санитарных рубок назначить восстановительные рубки. Обследование придорожных снегозащитных насаждений для назначения санитарной рубки следует проводить в первую половину вегетационного периода, когда признаки поврежденных и больных деревьев хорошо заметны. В первую очередь в условиях Северного Казахстана санитарными рубками необходимо подвергнуть лесополосы, состоящие из клёна ясенелистного и вяза, которые имеют в придорожных насаждениях наихудшее состояние.

Рубки ухода, прочистки, санитарные рубки, рубки омоложения кустарников, восстановительные рубки и реконструкция защитных насаждений должны осуществляться на научной основе. При проведении данных видов рубок (работ) необходимо руководствоваться разработанными методическими рекомендациями.

Комитету автомобильных дорог Министерства индустрии и инфраструктурного развития Республики Казахстан рекомендовать создать специальную лесоводческую службу, задачами которой будут: охрана от потрав скотом, самовольных порубок и порчи, от пожаров; периодическое наблюдение за состоянием насаждений, проведение инвентаризаций и обследований насаждений; составление планов работ и проведение обработки почвы и рубок ухода; восстановление погибших насаждений, проведение борьбы с болезнями и вредителями и другие необходимые для поддержания запроектированных конструкций и состояния насаждений мелиоративно-лесоводственные мероприятия.

Для учета придорожных защитных лесных полос и проведения мер ухода за ними на территории Северного Казахстана необходимо провести детальную инвентаризацию насаждений.

Комитету лесного хозяйства и животного мира Министерства экологии, геологии и природных ресурсов Республики Казахстан, совместно с дорожными службами осуществить охрану данных насаждений и обозначить персональную ответственность для лиц (местного населения), за незаконную вырубку деревьев в полосах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Абакумова, Л.И. Формирование устойчивых лесомелиоративных комплексов в сухостепных районах / Л.И. Абакумова // Лесная наука Казахстана: достижения, проблемы и перспективы развития: Матер. Междунар. науч.-практ. конф., посвященной 60-летию создания КазНИИЛХА. – Щучинск, 2017. - С. 25-30.

Агафонов, Л.И. Влияние долготного градиента температур на радиальный прирост основных лесных пород Северо-Западной Сибири / Л.И. Агафонов, М.А. Гурская // Известия РАН. Серия географическая. - 2012. - № 5. - С. 48-60.

Агроклиматические ресурсы Северо-Казахстанской области: научно-прикладной справочник / Под ред. С.С. Байшоланова. - Астана, 2017. - 125 с.

Агроклиматический справочник по Северо-Казахстанской области / Под ред. Н.Ф. Самохвалова. - Ленинград: Гидрометеиздат, 1958. - 128 с.

Адрианов, С.Н. Агрометеорологические свойства ветроломных лесных полос в Северо-Восточном Казахстане и степных районах Западной Сибири / С.Н. Адрианов // Труды КазНИИЛХА. – 1970. – Т.VII. – С. 129–139.

Адрианов, С.Н. Новое в полезащитном лесоразведении на Алтае / С.Н. Адрианов. – Барнаул: Алт. кн. изд-во, 1960. – 52 с.

Агроклиматические ресурсы Северо-Казахстанской области: научно-прикладной справочник / Под ред. С.С. Байшоланова. – Астана, 2017. – 125 с.

Альбенский, А.В. Деревья и кустарники для защитного лесоразведения / А.В. Альбенский, А.Е. Дьяченко. - М.: Сельхозгиз, 1949. - 144 с.

Аринушкина, Е.В. Руководство по химическому анализу почв / Е.В. Аринушкина. – М.: Изд-во Московского университета, 1970. – 491 с.

Байзаков, С.Б. Леса и лесное хозяйство Казахстана (состояние, динамика и методы оценки) / С.Б. Байзаков, А.К. Аманбаев, Ж.Н. Токтасынов. - Алматы: Гылым, 1996. - 160 с.

Балакир, М.В. Распределение диаметров деревьев в еловых древостоях искусственного происхождения / М.В. Балакир // Труды БГТУ: научный журнал. – 2012. – №1(148). – С. 30-32.

Бальчугов, А.В. Полезащитное лесоразведение в Омской области / А.В. Бальчугов. – Омск: Омское обл. гос. изд-во, 1949. – 52 с.

Баранов, В.И. Растительность черноземной полосы Западной Сибири: (Опыт ботанико-географического районирования) / В.И. Баранов. - Омск: Труды ЗСОРГО, 1927. - 160 с.

Беннет, Х.Х. Основы охраны почв / Х.Х. Беннет. Пер. с англ. Т.Л. Чебановой; Под ред. и с предисл. д-ра с.-х. наук проф. С.С. Соболева. - Москва: Изд-во иностр. лит., 1958. - 411 с.

Берников, В.В. Почвенно-грунтовое обоснование лесомелиоративных работ на юге Омской области / В.В. Берников. – Омск: Омское обл. гос. изд-во, 1950. – 32 с.

Бодров, В.А. Лесная мелиорация / В.А. Бодров. - М. – Л.: Гослесбумиздат, 1952. – 272 с.

Бозриков, В.В. Лесомелиоративное районирование лесостепной, степной и полупустынной зон Казахстана / В.В. Бозриков, Б.М. Муканов. – Алматы: РНИ «Бастау», НАЦАИ РК, 1997. – 200 с.

Бозриков, Вл.В. Полезащитные лесные полосы – важнейшее звено в системе земледелия Северного и Западного Казахстана / Вл.В. Бозриков // Труды КазНИИЛХа. – 1970. - Том VII. - С. 93-100.

Бозриков, В.В. Лиственница сибирская – перспективный вид в защитном лесоразведении Северного Казахстана / В.В. Бозриков, Б.Ф. Данчев // Экология лесных сообществ Северного Казахстана. - 1984. - С. 16-23.

Бозрикова, Г.С. Биоэкологические особенности роста и развития интродуцированных деревьев и кустарников Северного Казахстана: автореф. дис.... канд. с.-х. наук. / Бозрикова Галина Сергеевна. – Свердловск, 1972. - 22 с.

Бозриков, В.В. Размещение и параметры лесных полос в лесостепной, степной и полупустынных зонах Казахстана / В.В. Бозриков // Труды КазНИИЛХа. – 1980. - Том XI. - С. 3-13

Бозриков, В.В. Рекомендации по выращиванию защитных лесных полос в хозяйствах Северного и Западного Казахстана / В.В. Бозриков. - Алма-Ата, 1968.

Бозриков, В.В. Рекомендации по определению площади защитных лесных насаждений на территории лесостепной, степной и полупустынной зон Казахстана / В.В. Бозриков. - Алматы, 2005.

Бирюков, В.Н. Лесорастительное районирование и классификация колочных лесов Северного и Центрального Казахстана / В.Н. Бирюков. - Л.: Леса и древесные породы Казахстана, 1974. - С. 16-26.

Бунькова, Н.П. Основы фитомониторинга: учеб. пособие / Н.П. Бунькова, С.В. Залесов, Е.А. Зотеева, А.Г. Магасумова. - Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2011. – 89 с.

Вадзинский, Р.Н. Статистические вычисления в среде Excel / Р.Н. Вадзинский. – СПб.: Питер, 2008. – 602 с.

Ваганов, Е.А. Дендроклиматические исследования в Урало-Сибирской Субарктике / Е.А. Ваганов, С.Г. Шиятов, В.С. Мазепа. - Новосибирск: Издательская фирма СО РАН, 1996. – 246 с.

Васильев, М.Е. Разработка наиболее эффективной конструкции ветроломных полезащитных лесных полос для Кулундинской степи: дис... канд. с.-х. наук / Васильев Михаил Емельянович. - Целиноград, 1965. - 173 с.

Васильев, М.Е. Особенности защитного лесоразведения в Целинном крае / М.Е. Васильев, Г.Г. Ибрагимов. - Москва: Лесная промышленность, 1965. - 172 с.

Васильев, М.Е. Обоснование конструкции полезащитных лесных полос для метелистых регионов / М.Е. Васильев // Труды (Целиноградский СХИ). - 1977. - Вып. 7., Т. 14. - С. 116-122.

Верзунов, А.И. Культуры лиственницы сибирской в зоне южных черноземов Кустанайской области / А.И. Верзунов, Р.А. Витман, В.И. Иванова // Леса и древесные породы Северного Казахстана. – Л.: «Наука», Ленинградское отделение, 1974. - С. 126-134.

Верзунов, А.И. Характеристика некоторых интродуцентов, произрастающих в дендропарке и арборетуме НППЦ Лесного хозяйства / А.И. Верзунов, С.В. Маловик // Современное состояние лесного хозяйства и озеленения в Республике Казахстан. - 2007. - С. 138-144.

Верзунов, А.И. Рост лиственницы и устойчивость культурных фитоценозов с её господством на полугидроморфных почвах лесостепи Северного Казахстана / А.И. Верзунов // Экология. - 1980. - № 2. - С. 38-44.

Верхунов, П.М. Таксация леса: учебное пособие / П.М. Верхунов, В.Л. Черных. – 2-е изд., стереотип. – Йошкар-Ола: Марийский государственный технический университет, 2009. – 396 с.

Вилесов, Е.Н. Физическая география Казахстана: учебное пособие / Е.Н. Вилесов, А.А. Науменко, Л.К. Веселова, Б.Ж. Аубекеров. - Алматы: Изд-во «Қазақ университеті», 2009. - 362 с.

Вислогузов, Ф.С. Первые итоги работы по реконструкции полезащитных лесных полос / Ф.С. Вислогузов // Труды КазНИИЛХа. – 1970. – Т. VII. – С. 148-156.

Высоцкий, Г.Н. О гидрологическом и метеорологическом влиянии лесов / Г.Н. Высоцкий. - М.: Гослестехиздат, 1938. – 68 с.

Гладышева, Е.Н. Северо-Казахстанская область: энциклопедия / Е.Н. Гладышева. - Алматы: Из-во «Арыс», 1959. - С. 5-9.

Голубинский, С.С. Краткое руководство по выращиванию полезащитных лесных полос в колхозах и совхозах Алтайского края / С.С. Голубинский. – Барнаул: Алтайская правда, 1944. – 34 с.

Голубинский, С.С. Борьба с засухой и лесная мелиорация в Алтайском крае / С.С. Голубинский. – Барнаул: Алтайская правда, 1946. – 55 с.

Голубинский, С.С. К вопросу об использовании клёна ясенелистного в полезащитном лесоразведении и зеленом строительстве / С.С. Голубинский // Труды Центр. Сиб. бот. сада. – 1960. - Вып. 4. - С. 23-30.

Городков, А.В. Экология визуальной среды: уч. пособие / А.В. Городков, С.И. Салтанова. - 2-е изд., перераб. и доп. - Санкт-Петербург: Лань, 2013. – 186 с.

Горчаковский, П.Л. Таежные и лесостепные березняки Приобья / П.Л. Горчаковский // Сборник трудов по лесному хозяйству. - Свердловск, 1949. - С. 62-100.

Грибанов, Л.Н. Лесорастительное районирование лесов Казахстана и типов леса островных нагорных сосняков Центрально-Казахстанского мелкосопочника / Л.Н. Грибанов // Труды КазНИИЛХа. - 1966. - Т. 5, Вып. 5. - С. 6-19.

Григорьева, А.А. Годичный прирост деревьев в Северном Казахстане как индикатор засух / А.А. Григорьева, Г.Е. Комин, Л.Г. Полозова // Критерии и характеристики засушливых явлений на территории СССР / Труды ГГО им. А.И. Воейкова. – Л.: Гидрометеиздат, 1979. – Вып. 403. - С. 100–106.

Григорьев, А.И. Влияние засух на годичный прирост сосны обыкновенной в условиях Казахского мелкосопочника / А.И. Григорьев, Т.В. Карнаухова // Омский научный вестник. – 2014. – № 1 (128). – С. 139-141.

Данчев, Б.Ф. Некоторые результаты исследований на лесоаграрных ландшафтах Северного Казахстана / Б.Ф. Данчев, А.М. Шишкин // Агролесомелиорация в системе адаптивно-ландшафтного земледелия: Поиск новой модели. – Волгоград, 2013. – С. 89-92.

Данчева, А.В. Экологический мониторинг лесных насаждений рекреационного назначения / А.В. Данчева, С.В. Залесов. – Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2015. – 152 с.

Данчева, А.В. Влияние климатических факторов на радиальный прирост сосны в ленточных борах Прииртышья / А.В. Данчева, С.В. Залесов, Б.М. Муканов // Лесной вестник. Forestry Bulletin. – 2020. – Т.24., № 2. – С. 5-10.

Данченко, А.М. Защитное лесоразведение на юге Западной Сибири / А.М. Данченко, И.А. Бех // Лесное хозяйство и зелёное строительство в Западной Сибири. - 2007. - С. 101-116.

Дворецкий, М.Л. Пособие по вариационной статистике: для лесохозяйственников / М.Л. Дворецкий. - 3-е изд., перераб. и доп. - Москва: Лесная пром-сть, 1971. - 104 с.

Демидовская, Л.Ф. Берёзовые колочные леса Северного Казахстана и их пути / Л.Ф. Демидовская // Труды по лесному хозяйству Сибири. – Новосибирск, 1958. - Вып. 4. - С. 171-172.

Дендроклиматические исследования в Урало-Сибирской Субарктике / Е.А. Ваганов, С.Г. Шиятов, В.С. Мазепа. - Новосибирск: Наука. Сибирская издательская фирма РАН, 1996. - 246 с.

Денисов, П.С. О накоплении и сохранении влаги в почве в засушливых районах / П.С. Денисов // Снежный покров, его распространение и роль в народном хозяйстве. - 1962. - С. 217-221.

Дьяченко, А.Е. Дефляция почв и агролесомелиоративные мероприятия в Северном Казахстане / А.Е. Дьяченко, Н.Т. Макарычев; Акад. наук СССР. Ин-т леса. - Москва: Изд-во Акад. наук СССР, 1959. - 112 с.

Директивы XIX Съезда Партии по пятому пятилетнему плану развития СССР на 1951-1955 годы. – М: Госполитиздат, 1952. - 32 с.

Долгилевич, М.И. Особенности роста и формирование малорядных полезащитных лесных полос в Кулунде / М.И. Долгилевич, В.П. Попов, О.С. Попова // Бюл. ВНИАЛМИ. – 1982. – Вып. 3 (39). – С. 8-14.

Дюнин, А.К. Механика метелей / А.К. Дюнин. – Новосибирск: Изд-во Сиб. отд-ния АН СССР, 1963. - 378 с.

Евсеенко, В.И. Результаты испытания древесных и кустарниковых пород в лесных полосах Семипалатинской области // Тр. КазНИИЛХа. - 1981. - Т. III. - С. 292-302.

Егоренков, С.Л. Полезащитное лесоразведение в Северном Казахстане / С.Л. Егоренков, Б.В. Любимов. - Алма-Ата: Казгосиздат, 1955. - 72 с.

Ежегодный бюллетень мониторинга состояния и изменения климата Казахстана. – Астана, 2017. – 60 с.

Ерохина, О.Г. Почвы Казахстана / О.Г. Ерохина, М.М. Кусаинова, А.А. Соколов, К.М. Пачикин // Республика Казахстан. Том 1: Природные условия и ресурсы. - Алматы, 2006. - С. 316-361.

Жантлесова, Ш.Б. Влияние естественных факторов на прирост берёзы бородавчатой (*Betula pendula*) в условиях лесостепи Восточного Казахстана: дис... д-ра философии (PhD): 6D060700 / Жантлесова Шолпан Бейсембаевна. – Астана, 2015. - 175 с.

Журнал «Декоративное искусство СССР». - 1959. – № 3.

Залесов, С.В. Проходные рубки в сосняках Урала / С.В. Залесов, Н.А. Луганский. – Свердловск: Изд-во Урал. ун-та, 1989. – 128 с.

Защитное лесоразведение в СССР / Б.А. Абакумов, Д.К. Бабенко, И.М. Бартенев и др.; под. общ. ред. Е.С. Павловского. - М.: Агропромиздат, 1986. – 264 с.

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.

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.

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.

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.

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. – 2020а. – Т.24., № 4. – С. 26-32.

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. – 2020б. – № 3. – С. 33-47.

Ивонин, В.М. Адаптивная лесомелиорация степных агроландшафтов / В.М. Ивонин, В.В. Танюкевич. – М.: Вузовская книга, 2011. – 240 с.

Исаев, А.А. Статистика в метеорологии и климатологии / А.А. Исаев. – М.: Изд-во МГУ, 1988. – 244 с.

Информационный бюллетень о состоянии окружающей среды Северо-Казахстанской области. Департамент природных ресурсов и регулирования природопользования Северо-Казахстанской области. – Петропавловск, 2008. – 52 с.

Ишутин, Я.Н. Лесополосы в Кулундинской степи: монография / Я.Н. Ишутин. – Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 2005. – 160 с.

Кабанова, С.А. Оценка состояния и роста агролесомелиоративных насаждений из берёзы повислой и лиственницы сибирской в лесостепной подзоне Северного Казахстана / С.А. Кабанова, В.П. Алека, М.А. Данченко, А.М. Шишкин, Б.Ф. Данчев // В мире научных открытий. – 2016. – № 1 (73). – С. 89-107.

Кабанова, С.А. Рекомендации по созданию лесных культур в Северном Казахстане / С.А. Кабанова, О.Н. Мироненко, В.А. Борцов. - Щучинск, 2014.

Кабанова, С.А. Рекомендации по созданию агролесомелиоративных защитных насаждений в Карагандинской области (на примере Ф/Х «Байтуган» и К/Х «Нуркен») / С.А. Кабанова, В.П. Алека. - Кокшетау: Мир печати, 2016а. – 16 с.

Кабанова, С.А. Технология создания агролесомелиоративных защитных насаждений на темно-каштановых почвах Карагандинской области / С.А. Кабанова, В.П. Алека. - Кокшетау: Мир печати, 2016б. – 16 с.

Кабанова, С.А. Рекомендации по созданию, содержанию и сохранению агролесомелиоративных защитных насаждений в Карагандинской области (на примере Ф/Х «Байтуган» и К/Х «Нуркен») / С.А. Кабанова, В.П. Алека. - Кокшетау: Мир печати, 2017. - 24 с.

Кабанова, С.А. Лесохозяйственные технологии создания устойчивых лесных культур в Казахстане / С.А. Кабанова, М.А. Данченко. - Кокшетау: ИП «Устюгов С.А.», 2017. – 200 с.

Карпенко, А.Д. Оценка состояния древостоев, находящихся под воздействием промышленных эмиссий / А.Д. Карпенко // Экология и защита леса. – 1981. – № 6. – С. 39-43.

Карузин, Б.В. Лесные полезавитные полосы и урожай / Б.В. Карузин. - М.: Гослестехиздат, 1940. – 56 с.

Климат Казахстана / Под ред. А.С. Утешева - Л.: Гидрометеоздат, 1959. - 368 с.

Крекова, Я.А. Оценка декоративных признаков у видов рода *Picea Dieter.* в Северном Казахстане. / Я.А. Крекова, А.В. Данчева, С.В. Залесов // Современные проблемы науки и образования. - 2015. - № 1. - URL: www.science-education.ru/121-17204 (дата обращения: 26.06.2020).

Крылов, Г.В. Полезавитное лесоразведение в Новосибирской области / Г.В. Крылов. - Новосибирск: Новосиб. обл. гос. изд-во, 1951. – 78 с.

Кружилин, С.Н. Региональные особенности создания защитных лесонасаждений вдоль автомобильных дорог / С.Н. Кружилин, Т.Ю. Баранова, М.П. Мишенина, М.А. Зайцева // Наука. Мысль. - 2018. - № 2. - С. 22-32.

Крылов, Г.В. Реконструкция лесов, создание полевитных полос и больших хозяйственно-ценных лесных массивов в Западной Сибири / Г.В. Крылов // Лесоводство и защитное лесоразведение. - 1954. - С. 5-60.

Крылов, Г.В. Агролесомелиорация в Западной Сибири / Г.В. Крылов, Л.А. Ламин. - М.: Лесная промышленность, 1970. - 150 с.

Козицкая, Ю.Н. Влияние противогололедных материалов и проблемы фитотоксичности почвогрунтов придорожных территорий в городах ХМАО-Югры / Ю.Н. Козицкая, С.А. Шавнин, И.А. Юсупов и др. // Проблемы региональной экологии. - 2006. - № 3. - С.10-16.

Комаров, А.А. Некоторые закономерности переноса и отложения снега в районах Западной Сибири и их использование в снегозадержании и снегоборьбе / А.А. Комаров // Вопросы теории и практики защиты железных дорог от снежных заносов. - 1954. - С. 89-98.

Королевский нидерландский Метеорологический институт (Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut - KNMI). KNMI Climate Explorer. - URL: <http://climexp.knmi.nl/> (дата обращения 15.02.2020).

Коростелев, И.Ф. Исследование закономерностей роста и товарности сосновых древостоев по природным зонам Челябинской области: автореф. дис... канд. с.-х. наук. / Коростелев Иван Федорович. - Ленинград, 1978. - 20 с.

Кузьмичев, В.В. Закономерности динамики древостоев: принципы и модели / В.В. Кузьмичев. – Новосибирск: Наука, 2013. – 207 с.

Кукис, С.И. Основы полезащитного лесоразведения / С.И. Кукис, Н. Федоров, Г.В. Крылов, В. Смирнов. - Барнаул: Алтайкрайиздат, 1952. - 125 с.

Кукарских, В.В. Влияние климатических факторов на радиальный прирост сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в лесостепной и степной зонах Южного Урала: дис... канд. биол. наук / Кукарских Владимир Витальевич. - Екатеринбург, 2009. - 120 с.

Кушлин, А. Казахстан. Лесной сектор в переходный период: ресурсы, пользователи и устойчивое использование: научное издание / А. Кушлин, Ч. Схиллхорн ван Веен, У. Сагтон. – Астана, 2003. - 77 с.

Ламин, Л.А. Полезащитные лесные полосы в Кулунде / Л.А. Ламин. – Новосибирск: Изд-во Сиб. отд-ния АН СССР, 1962. – 106 с.

Лебедев, С.И. Физиология растений / С.И. Лебедев. – М.: Агропромиздат, 1988. – 544 с.

Лесные защитные насаждения. – Москва: Сельхозиздат, 1963. – 600 с.

Лесные экосистемы и атмосферное загрязнение / ред. В.А. Алексеев – Л.: Наука, 1990. – С. 47-51.

Лепехин, А.А. Биологическая устойчивость древесных пород в лесных полосах каменной степи / А.А. Лепехин, А.С. Чеканышкин // Международный научно-исследовательский журнал. – 2015. - № 10-3(41). – С. 43-46.

Логгинов, Б.И. Основы полезащитного лесоразведения / Б.И. Логгинов. – Киев: Изд. Укр. Акад. с.-х. наук, 1961. – 351 с.

Луганский, Н.А. Структура и динамика сосновых древостоев на Среднем Урале / Н.А. Луганский, З.Я. Нагимов. – Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун–т, 1994. – 140 с.

Луганский, Н.А. Березняки Среднего Урала: монография / Н.А. Луганский, Л.А. Лысов. - Свердловск: Изд-во Урал. ун-та, 1991. - 98 с.

Луганская, В.Д. Химический анализ почв: методические указания / В.Д. Луганская, В.Н. Луганский. – Екатеринбург: УГЛТУ, 2011. – 29 с.

Мамаев, С.А. Закономерности внутривидовой изменчивости семейства Pinaceae на Урале / автореф. дис... д-ра. биол. наук / Мамаев Станислав Александрович. - Свердловск, 1970. - 58 с.

Манаенков, А.С. Закономерности водного режима, роста и долговечности искусственных древостоев в засушливых условиях / А.С. Манаенков // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. – 2017. – № 221. – С. 91-106.

Манаенков, А.С. Повышение долговечности полезащитных лесных полос на юге Западной Сибири / А.С. Манаенков, Л.И. Абакумова, П.М. Подгаецкая // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. – 2014. - № 2(34). – С. 41-47.

Маслаков, Е.Л. Формирование сосновых молодняков / Е. Л. Маслаков. – М.: Лесная пром-сть, 1984. – 165 с.

Матякин, Г.И. Лесные полезащитные полосы и микроклимат / Г.И. Матякин. - М.: Географгиз, 1952. – 143 с.

Матякин, Г.И. Снегозащитные лесные полосы / Г.И. Матякин, В.Д. Пряхин, З. А. Прохорова. - Москва: Автотрансиздат, 1962. - 79 с.

Матякин, Г.И. Предложения по комплексному снегозадержанию вдоль автомобильных дорог / Г.И. Матякин. – Москва: Автотрансиздат, 1967. - 19 с.

Матякин, Г.И. Современные научно-обоснованные способы создания защитных лесонасаждений / Г.И. Матякин. - Москва: Лесная пром-сть, 1971. - 33 с.

Мапитов, Н.Б. Зависимость радиального прироста сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) от естественных факторов среды в Чалдайском ленточном бору

/ Н.Б. Мапитов, Ш.М. Жумадина // Научный альманах. – 2015. - № 10-3(12). - С. 409-413.

Мельник, Д.М. О законах переноса снега и их использовании в снегоборьбе / Д.М. Мельник // Техника железных дорог. - 1952. - № 11. - С. 5-7.

Методы дендрохронологии. Ч. I. Основы дендрохронологии. Сбор и получение древесно-кольцевой информации: учеб.-метод. пособие / С.Г. Шиятов и др.; под ред. С.Г. Шиятова, Е.А. Ваганова. - Красноярск: Изд-во КрасГУ, 2000. - 80 с.

Методические рекомендации по зимнему содержанию автомобильных дорог в Казахстане / Минавтодор КазССР. – 1973. - URL: https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=30479456#pos=0;0. (дата обращения 03.10.2020).

Михайлова, А.А. Моделирование таксационных характеристик насаждений с использованием аллометрических правил и аэрофотосъемки сверхвысокого разрешения: автореф. дис... канд. с.-х. наук / Михайлова Анна Аркадьевна. – Санкт–Петербург, 2017. – 28 с.

Морозов, А.Е. Метеорология и климатология: практикум / А.Е. Морозов, Н.И. Стародубцева. – Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун–т, 2006. – 101 с.

Муканов, Б.М. Научные основы формирования агролесоландшафтов в равнинных условиях Казахстана: автореф. дис... д-ра. с-х наук / Муканов Болат Мажитович. - Алматы, 2002. - 48 с.

Муканов, Б.М. Рекомендации по улучшению формирования, содержания и сохранения агролесомелиоративных насаждений в Северном и Западном Казахстане / Б.М. Муканов, Б.Ф. Данчев, М.Д. Утешкалиев, А.М. Шишкин. - Щучинск, 2014. - 19 с.

Муканов, Б.М. Роль агролесомелиоративной науки в повышении продуктивности целинных земель Казахстана / Б.М. Муканов // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. - 2004. - №3 (3). - С. 57-59.

Нагимов, З.Я. Закономерности роста и формирования надземной фитомассы сосновых древостоев: автореф. дис... д-ра с.-х. наук / Нагимов Зуфар Ягфарович. – Екатеринбург, 2000. – 40 с.

Нагимов, З.Я. Таксация леса: учебное пособие / З.Я. Нагимов, И.Ф. Коростелев, И.В. Шевелина. – Екатеринбург: УГЛТУ, 2010. – 300 с.

Никитин, П.Д. Защитное лесоразведение / П.Д. Никитин, Д.Д. Минин. – М.: Сельхозгиз, 1949. - 208 с.

Никаноров, А.М., Хоружая Т.А., Бражникова Л.В. Жулидов А.В. Мониторинг качества вод: оценка токсичности / А.М. Никаноров, Т.А. Хоружая, Л.В. Бражникова, А.В. Жулидов. - СПб.: Гидрометеиздат, 2000. - 159 с.

Новосельцева, А.И. Справочник по лесным культурам / А.И. Новосельцева, А.Р. Родин. – М.: Лесн. пром-ть, 1984. – 312 с.

Обезинская, Э.В. Полезащитные лесные полосы на деградированных почвах Павлодарской области / Э.В. Обезинская, А.А. Либрик, Н.И. Рахимбекова // Сейфуллинские чтения-12: Молодежь в науке - инновационный потенциал будущего: Матер. Республ. науч.-теорет. конф., 2016. – Т.1, Ч.3 – С. 94-96.

Оленин, С.М. Прогноз климатически обусловленного радиального прироста сосны в ленточных борах Прииртышья / С.М. Оленин, В.С. Мазепа // Экология. – 1988. – № 5. – С. 78–80.

ОСТ 56-69-83 Площади пробные лесоустроительные. Метод закладки. - URL: <http://docs.cntd.ru/document/675414044> (дата обращения 27.06.2020).

Отчет о научно-исследовательской работе (заключительный, книга 1): отчет о НИР / Бозриков В.В. – Щучинск: КазНИИЛХА, 2000. – 126 с.

Официальный Интернет-ресурс Северо-Казахстанской области [электронный ресурс] / Географическое положение и природные условия. - URL: http://sko.gov.kz/page/read/Geograficheskoe_polozhenie_i_prirodnye_usloviya.html?lang=ru (дата обращения 26.06.2020).

Павловский, Е.С. Уход за лесными полосами / Е.С. Павловский. – М.: Лесная промышленность, 1976. – 248 с.

Парамонов, Е.Г. Основы агролесомелиорации: учебное пособие / Е.Г. Парамонов, А.П. Симоненко. – Барнаул: Изд-во АГАУ, 2007. – 224 с.

Пашков, С.В. Дефляция почв Северо-Казахстанской области / С.В. Пашков, А.В. Пигалев // Вестник Забайкальского государственного университета. – 2016. - Т. 22, № 2. - С. 14-25.

Пименова, Е.В. Химические методы в агроэкологическом мониторинге почвы: учеб. пособие / Е.В. Пименова, А.Е. Леснов. – Пермь: Изд-во ФГОУ ВПО Пермская ГСХА, 2009. – 145 с.

Плодородие почв. Национальный атлас Республики Казахстан. Том 3: Окружающая среда и экология. – Алматы, 2006. – 85 с.

Правила санитарной безопасности в лесах: Постановление Правительства Российской Федерации от 20 мая 2017 г. № 607 О правилах санитарной безопасности в лесах // Собрание законодательства. – 2017. - URL: <http://docs.cntd.ru/document/436736467> (дата обращения: 27.06.2020).

Правила санитарной безопасности в лесах: Приказ Министерства Природных Ресурсов и Экологии РФ от 24 декабря 2013 года № 613 Об утверждении Правил санитарной безопасности в лесах // Собрание законодательства. – 2014. - № 32379. - URL: <http://docs2.kodeks.ru/document/499071147> (дата обращения: 27.06.2020).

Пугачев, П.Г. Динамика годичного прироста *Pinus sylvestris* L. в Тургайской впадине в связи с климатическими факторами / П.Г. Пугачев // Ботанический журнал. - 1975. - Т. 60., № 3. - С. 401–412.

Пугачев, П.Г. Цикличность и прогноз радиального прироста сосны обыкновенной степных боров Тургая / П.Г. Пугачев // Дендрохронология и дендроклиматология. - Новосибирск: Наука, 1986. - С. 184-186.

Пшеничникова, Л. С. Оценка рубок промежуточного пользования в сосновых древостоях / Л.С. Пшеничникова // Хвойные бореальной зоны. – 2008. - Т. 25., № 1-2. – С. 80-83.

ПНД Ф Т 14.1:2:3:4.10-04. Токсикологические методы контроля. Методика определения токсичности проб поверхностных пресных, грунтовых, питьевых, сточных вод, водных вытяжек из почвы, осадков сточных вод и отходов по

изменению оптической плотности культуры водоросли хлорелла (*Chlorella vulgaris* Beijer). – М.: МПР России, 2004. – 25 с.

ПНД Ф Т 14.1:2:3:4.9-02. Токсикологические методы контроля. Методика определения токсичности вод, водных вытяжек из почв, осадков сточных вод и отходов по изменению уровня флуоресценции хлорофилла и численности клеток водоросли. – М.: МПР России, 2002. - 23 с.

Ражанов, М.Р. Перспективный ассортимент древесно-кустарниковых видов для лесоразведения в Северном Казахстане: дис... канд. с-х наук / Ражанов Медеу Ражанович. – Екатеринбург, 2015. – 159 с.

Рекомендации по технологии выращивания полезащитных лесных полос на землях сельскохозяйственных предприятий Северного и Западного Казахстана. – Алма-Ата: КазНИИЛХА, 1992. – 48 с.

Республика Казахстан. Окружающая среда и экология. Под. ред. А.Р. Медеу. - 2-е изд. - Т.3. - Алматы, 2010. - С. 366-367.

Рокицкий, П.Ф. Биологическая статистика: учебное пособие для биол. фак. ун-тов / П.Ф. Рокицкий. - 3-е изд., испр. – Минск : Высшая школа, 1973. - 320 с.

Руководство по планированию, организации и ведению лесопатологических обследований [Текст]: Приказ Федерального Агентства Лесного Хозяйства от 29 декабря 2007 года № 523 Об утверждении методических документов // Собрание законодательства. – 2007. - URL: <http://docs.cntd.ru/document/902129157> (дата обращения: 27.06.2020).

Рулев, А.С. Региональные изменения климата и роль защитного лесоразведения в повышении устойчивости агроландшафтов / А.С. Рулев, Н.А. Ткаченко // Лесная наука Казахстана: достижения, проблемы и перспективы развития: Матер. Междунар. науч.-практ. конф., посвященной 60-летию создания КазНИИЛХА, – Щучинск, 2017. - С. 386-390.

Рыжиков, Д.П. Влияние полезащитных полос на урожай сельскохозяйственных культур / Д.П. Рыжиков. - М.: Сельхозиздат, 1963. – 207 с.

Савельева, Л.С. Устойчивость деревьев и кустарников в защитных лесных насаждениях / Л.С. Савельева. – М.: Лесная пром-сть, 1975. - 17 с.

Сваричевская, З.А. Геоморфология Казахстана и Средней Азии / З.А. Сваричевская - Л.: Изд-во «ЛГУ», 1965. - 56 с.

Сальников, В.Г. Анализ изменения климата в Казахстане за последние 75 лет: монография / В.Г. Сальников, Г.К. Турулина, Е.А. Таланов, С.Е. Полякова. - Москва, 2018. - С.247-252.

Семенова, Т.С. Цвет в городе / Т.С. Семенова. - М.: Tikkurila Paints Oy, 2007. – 120 с.

Семенкова, Е.В. Принципы архитектурно-планировочной организации цветочного оформления города: на примере города Москвы: дис. ... канд. с-х наук / Семенкова Елена Васильевна. - Екатеринбург, 2019. – 171 с.

Серова, Л.Ф. Лесохозяйственные районы Казахстана / Л.Ф. Серова. – Алма-Ата: Кайнар, 1982. – 37 с.

Смирнов, И.А. Физиологические особенности и итоги интродукции древесных и кустарниковых растений в северных пустынях Прибалхашья: автореф. дис. ... кан. биол. наук. / Смирнов Игорь Анатольевич. – Алма-Ата, 1967. - 24 с.

Смирнова, З.А. Использование микроэлементов при выращивании сеянцев ели обыкновенной и других интродуцентов в Северном Казахстане: автореф. дис.... канд. с.-х.. наук / Смирнова Зинаида Александровна. - Свердловск, 1970. - 20 с.

Спиглазов, И.С. Природа и зелёная архитектура / И.С. Спиглазов. - Алма-Ата: Кайнар, 1977. - 124 с.

Справочно-информационный портал «Погода и климат». Летопись погоды в Петропавловске [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.pogodaiklimat.ru/history/28676.htm> (дата обращения 15.02.2020).

Сталин, И.В. Вопросы ленинизма / И.В. Сталин. - 11-е изд. – М.: Госполитиздат, 1945. - 611 с.

Статистические методы обработки экологической информации: методические указания для выполнения практических работ / сост.: А.С. Новосёлов, Т.К. Карандашева. – Вологда: ВоГТУ, 2013. – 44 с.

Танюкевич, В.В. Мелиоративная эффективность и фитомасса лесных полос в условиях степных агролесоландшафтов / В.В. Танюкевич // Научный журнал КубГАУ. – 2011. – № 74 (10). – С. 720-736.

Танюкевич, В.В. Надземная фитомасса лесных полос, их влияние на ветровой режим и влагонакопление агроландшафтов / В.В. Танюкевич // Научный журнал КубГАУ. – 2013. – №91(07). – С.986–1003.

Танюкевич, В.В. Фитонасыщенность полезащитных лесных полос как фактор их мелиоративного влияния / В.В. Танюкевич, В.М. Ивонин // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. - 2014. -№ 2 (14). - С. 25-41.

Танюкевич, В. В. Мелиоративная роль фитомассы лесных полос степных агроландшафтов Среднего и Нижнего Дона : автореф. дис... д-ра. с-х наук / Танюкевич Вадим Викторович. – Волгоград, 2015. – 46 с.

Танюкевич, В.В. Мелиоративная роль и продуктивность полезащитных сосновых лесных полос Среднего Дона: монография / В.В. Танюкевич, А.В. Журавлёва. – Новочеркасск: Изд-во Лик, 2017. – 118 с.

Титов, Ю.В. Эффект группы у растений / Ю.В. Титов. – Л.: Наука, 1978. – 151 с.

Тишин, Д.В. Дендрозкология (методика древесно-кольцевого анализа) / Д.В. Тишин. – Казань: Казан. ун-т, 2015. – 36 с.

Травень Ф.И. Выращивание защитных лесонасаждений / Ф.И. Травень, П.С. Дубинин. - Москва: Сельхозгиз, 1961. - 191 с.

Усольцев, В.А. Моделирование структуры и динамики фитомассы древостоев / В.А. Усольцев. – Красноярск: Изд. Краснояр. ун-та, 1985. – 192 с.

Усольцев, В.А., Методы таксации фитомассы деревьев / В.А. Усольцев, З.Я. Нагимов. – Свердловск.: УЛТИ, 1988. – 44 с.

Усольцев, В.А. Методы определения биологической продуктивности насаждений / В.А. Усольцев, С.В. Залесов. – Екатеринбург: УГЛТУ, 2005. – 147 с.

Указания по совершенствованию методов живой снегозащиты на автомобильных дорогах Казахской ССР. - Алма-Ата: Глав. упр. шосс. дорог при Совете Министров Каз. ССР, 1968. - 37 с.

Федорова, А.И. Полезащитное лесоразведение в лесостепных районах Западной Сибири / А.И. Федорова // АН СССР. Сиб. отд-ние. Ин-т леса и древесины. - Москва: Наука, 1967. - 152 с.

Филиппов, А.В. Оценка запасов углерода в фитомассе березняков Северной Евразии и их география: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Филиппов Алексей Валерьевич. – Екатеринбург, 2005. – 24 с.

Фильрозе, Е.М. Способ проявления границ и структуры годичных слоев / Е.М. Фильрозе, Г.М. Гладушко // Дендрохронология и дендроклиматология. - 1986. - С. 68-71.

Хамидуллина, Г.Г. Зависимость радиального прироста сосны обыкновенной (*Pinus Sylvestris* L.) от топоэкологических условий произрастания / Г.Г. Хамидуллина, Ф.Ф. Исхаков, А.А. Кулагин, Г.А. Зайцев, А.Н. Давыдычев // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2014. - № 1(45). - С. 12-14.

Чеботько, Н.К. Коллекция древесно-кустарниковых растений в арборетуме Казахского НИИ лесного хозяйства / Н.К. Чеботько, С.В. Маловик // Международный научно-исследовательский журнал. - 2012. - № 6-1 (6). - С. 29-30.

Шавнин, С.А. Оценка фитотоксичности техногенных отходов / С.А. Шавнин, Н.В. Марина, Д.Ю. Голиков // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. - 2013. - № 4 (42). - С. 204-206.

Шевелёв, С.Л. Таксация леса: учебное пособие / С.Л. Шевелёв. - Красноярск: ФГБОУ ВО «СибГТУ», 2016. - 265 с.

Шерлин, И.Д. Защитное лесоразведение на целине / И.Д. Шерлин. - Алма-Ата: Казгосиздат, 1957. - 104 с.

Шишкин, А.М. Обследование и оценка состояния агролесомелиоративных насаждений в Северном и Западном Казахстане / А.М. Шишкин, И.С. Кочегаров // Лесное хозяйство и зеленое строительство в Западной Сибири: Матер. VII междунар. науч. интернет-конф. – Томск, 2015. – С. 148–153.

Шиятов, С.Г. Методы дендрохронологии: учебно-метод. пособие / С.Г. Шиятов, Е.А. Ваганов, А.В. Кирдянов и др. - Красноярск: КрасГУ, 2000. – Ч. 1. - 80 с.

Шиятов, С.Г. Дендрохронология верхней границы леса на Урале / С.Г. Шиятов. - М.: Наука, 1986. - 136 с.

GISMETEO.KZ: Погода в Казахстане [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.gismeteo.kz> (дата обращения 15.02.2020).

Biondi, F. DENDROCLIM2002: A C++ program for statistical calibration of climate signals in tree-ring chronologies / F. Biondi, K. Waikul // Computers and Geosciences. – 2004. – Т. 30. - № 3. – P. 303-311.

Cook, E.R. ARSTAN: chronology development. In Grissino-Mayer HD, Holmes RL and Fritts HC, eds. / E.R. Cook, R.L. Holmes. Documentation to the International Tree ring Data Bank Program Library. – Version 2.1., 1997. - 75-87.

Cook, E.R. A time series analysis approach to tree-ring standardization / E.R. Cook. - Ph.D.Dissertation. Tucson, AZ: Arizona Univ. Press, 1985. - 171 p.

Fritts, H.C. Tree rings and climate / H.C. Fritts. - London: Acad. Press, 1976. - 567 p.

Fritts, H.C. Reconstructing large-scale climatic patterns from tree-ring data: A diagnostic analysis / H.C. Fritts. – London: The University of Arizona, 1991. - P. 69-75.

Holmes, R.L. The Dendrochronology Program Library / R.L. Holmes // International Tree-Ring Data Bank Program Library User's Manual, H.D. Grissino-Mayer [eds.]. Laboratory of Tree-Ring Research. - Tucson: Univ. of Arizona, 1992. - P. 40–74.

Lough, J.M. Dendrochronology Program Library – Users Manual Laboratory of Tree ring Research University of Arizona. / J.M. Lough, R.L. Holmes // Tucson, Arizona, USA. - 1994. - P. 41–42.

Methods of Dendrochronology: Application in Environmental Sciences / ed. E.R. Cook, L.A. Kairiukstis. - Dordrecht; Boston; London: Kluwer Acad. Publ., 1990. – 394 p.

Rinn, F. TSAP - Time Series Analysis and Presentation. Version 3.0. Reference Manual / F. Rinn – Heidelberg. – 1996. – P. 262.

Schweingruber F.H. Tree-rings and Environment. Dendroecology // F.H. Schweingruber. - Birmensdorf; Bern; Stuttgart; Vienna: P. Haupt, Verlag, 1996. - 609 p.

Vaganov, E.A. Long-term climatic changes in the Arctic region of the Northern Hemisphere / E.A. Vaganov, K.R. Briffa, M.M. Naurzbaev, F.H. Schweingruber, S.G. Shiyatov, V.V. Shishov // Doklady Earth Sci. – 2000. – T. 375. – P. 1314–1317.

Vincent, M. Variation in black spruce (*Picea mariana* (Mill.) BSP) wood quality after thinning / M. Vincent, C. Krause, Ah. Koubaa // Annals of Forest Science. – 2011. – Vol. 68. – Issue 6. – P 1115-1125.

Vicente-Serrano, S.M. A Multiscalar Drought Index Sensitive to Global Warming. The Standardized Precipitation Evapotranspiration Index / S.M. Vicente-Serrano, S. Beguería, J.I. López-Moreno // Journal of Climate. - 2010. - Vol. 23. - P. 1696-1718.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Шкала категорий состояния деревьев

Категории состояния деревьев	Внешние признаки деревьев	
	Хвойные	Лиственные
I - здоровые (без признаков ослабления)	крона густая (для данной породы, возраста и условий местопроизрастания); хвоя (листва) зеленая; прирост текущего года нормального размера	
II - ослабленные	крона разреженная; хвоя светло-зеленая; прирост уменьшен, но не более чем наполовину; отдельные ветви засохли	крона разреженная; листва светло-зеленая; прирост уменьшен, но не более чем наполовину; отдельные ветви засохли; единичные водяные побеги
III - сильно ослабленные	крона ажурная; хвоя светло-зеленая, матовая; прирост слабый, менее половины обычного; усыхание ветвей до 2/3 кроны; многолетние плодовые тела трутовых грибов	крона ажурная; листва мелкая, светло-зеленая; прирост слабый, менее половины обычного; усыхание ветвей до 2/3 кроны; обильные водяные побеги; многолетние плодовые тела трутовых грибов
IV - усыхающие	крона сильно ажурная; хвоя серая, желтоватая или желто-зеленая; прирост очень слабый или отсутствует; усыхание более 2/3 ветвей	крона сильно ажурная; листва мелкая, редкая, светло-зеленая или желтоватая; прирост очень слабый или отсутствует; усыхание более 2/3 ветвей
V - свежий сухостой	хвоя серая, желтая или красно-бурая; кора частично опала	листва увяла или отсутствует; кора частично опала
VI - старый сухостой	живая хвоя (листва) отсутствует; кора и мелкие веточки осыпались частично или полностью; стволовые вредители вылетели; на стволе мицелий дереворазрушающих грибов	
VII - свежий ветровал	хвоя зеленая, серая, желтая или красно-бурая; ствол повален или наклонён с обрывом более трети корней	листва зеленая или увяла; ствол повален или наклонён с обрывом более трети корней
VIII - свежий бурелом	хвоя зеленая, серая, желтая или красно-бурая; ствол сломлен ниже одной трети протяженности кроны	листва зеленая или увяла; ствол сломлен ниже одной трети протяженности кроны
IX - старый ветровал	живая хвоя (листва) отсутствует; кора и мелкие веточки осыпались частично или полностью; ствол повален или наклонён с обрывом более трети корней	
X - старый бурелом	живая хвоя (листва) отсутствует; кора и мелкие веточки осыпались частично или полностью; ствол сломлен ниже одной трети протяженности кроны	
XI - аварийные деревья	деревья со структурными изъянами (наличие дупел, гнилей, обрыв корней, опасный наклон), способными привести к падению всего дерева или его части и причинению ущерба населению или государственному имуществу и имуществу граждан	

Примечания: К категории «усыхающие» относятся деревья, которые погибли в течение 1-1,5 лет после момента обследования.

Показатели рН и фитотоксичности почв в пределах придорожных защитных
лесных полос

№ ПП	Порода	Пункты отбора проб	рН	Токсичность почвы
1	Берёза повислая	<i>проба №1</i>	7,61±0,01	среднетоксичная
		<i>проба №2</i>	6,28±0,02	токсичная
		<i>проба №3</i>	7,06±0,01	среднетоксичная
2	Тополь бальзамический	<i>проба №1</i>	7,18±0,00	среднетоксичная
		<i>проба №2</i>	6,34±0,01	токсичная
		<i>проба №3</i>	7,00±0,01	токсичная
3	Сосна обыкновенная	<i>проба №1</i>	7,75±0,01	сильнотоксичная
		<i>проба №2</i>	7,78±0,00	среднетоксичная
		<i>проба №3</i>	7,73±0,01	слаботоксичная
4	Тополь бальзамический	<i>проба №1</i>	7,35±0,03	среднетоксичная
		<i>проба №2</i>	6,60±0,00	среднетоксичная
		<i>проба №3</i>	6,63±0,03	среднетоксичная
5	Клён ясенелистный	<i>проба №1</i>	7,63±0,03	токсичная
		<i>проба №2</i>	7,04±0,00	токсичная
		<i>проба №3</i>	7,63±0,01	среднетоксичная
6	Тополь бальзамический	<i>проба №1</i>	6,80±0,01	токсичная
		<i>проба №2</i>	6,47±0,01	среднетоксичная
		<i>проба №3</i>	6,33±0,02	среднетоксичная
7	Тополь бальзамический	<i>проба №1</i>	7,01±0,00	гипертоксичная
		<i>проба №2</i>	6,34±0,02	токсичная
		<i>проба №3</i>	7,37±0,03	токсичная
8	Тополь бальзамический	<i>проба №1</i>	7,39±0,01	сильнотоксичная
		<i>проба №2</i>	6,72±0,02	сильнотоксичная
		<i>проба №3</i>	7,11±0,01	гипертоксичная
9	Берёза повислая	<i>проба №1</i>	6,39±0,01	сильнотоксичная
		<i>проба №2</i>	6,22±0,01	токсичная
		<i>проба №3</i>	7,30±0,03	сильнотоксичная
10	Берёза повислая	<i>проба №1</i>	6,74±0,01	токсичная
		<i>проба №2</i>	6,23±0,00	токсичная
		<i>проба №3</i>	7,28±0,01	среднетоксичная
11	Вяз обыкновенный	<i>проба №1</i>	6,57±0,03	среднетоксичная
		<i>проба №2</i>	6,37±0,03	среднетоксичная
		<i>проба №3</i>	6,73±0,03	сильнотоксичная
12	Берёза повислая	<i>проба №1</i>	7,37±0,01	токсичная
		<i>проба №2</i>	6,55±0,01	токсичная
		<i>проба №3</i>	6,47±0,01	токсичная
13	Вяз обыкновенный	<i>проба №1</i>	6,98±0,01	среднетоксичная
		<i>проба №2</i>	6,24±0,01	среднетоксичная
		<i>проба №3</i>	6,47±0,01	сильнотоксичная
14	Вяз обыкновенный	<i>проба №1</i>	7,11±0,01	среднетоксичная
		<i>проба №2</i>	6,26±0,02	среднетоксичная
		<i>проба №3</i>	5,67±0,01	среднетоксичная
15	Тополь бальзамический	<i>проба №1</i>	6,21±0,01	токсичная
		<i>проба №2</i>	6,46±0,01	токсичная
		<i>проба №3</i>	6,51±0,01	сильнотоксичная

Характеристика объектов исследований
(учетно-технические карточки придорожных защитных насаждений)

№ ПП	1	
Координаты расположения ПП	N54°55'07,6595" E68°39'18,8674"	
Порода	берёза повислая	
Возраст, лет	57	
Средние:		
диаметр, см	18,6±0,26	
высота, м	17,64±0,9	
расстояние между рядами, м	1,0	
шаг посадки, м	0,5(0,7) – 1,0	
протяженность кроны (L _к), м	13,2	
диаметр кроны (D _к), м	4,5	
площадь поверхности кроны (S _к), м ²	102,1	
объем кроны (V _к), м ³	118,8	
Конструкция	ажурная	
Количество рядов	13	
Ширина полосы, м	20,0	
Расстояние до автодороги, м	20,0	
Категория санитарного состояния, балл:		
по общепринятой методике (6 категорий)	2,06	
по 11 категориям состояния деревьев	2,21	
Жизненное состояние по В.А. Алексееву (L, %)	73,50	

* – ряды не просматриваются. Ширина полос приведена с учетом закраек.

№ ПП	2
Координаты расположения ПП	N54°54'42,2220" E69°00'08,6411"
Порода	тополь бальзамический
Возраст, лет	47
Средние:	
диаметр, см	25,0±0,19
высота, м	18,70±0,8
расстояние между рядами, м	2,7–4,0
шаг посадки, м	1,0–1,3
протяженность кроны (L_k), м	15,0
диаметр кроны (D_k), м	4,7
площадь поверхности кроны (S_k), м ²	118,2
объем кроны (V_k), м ³	137,1
Конструкция	ажурно–продуваемая
Количество рядов	8
Ширина полосы, м	25,5
Расстояние до автодороги, м	35,0
Категория санитарного состояния, балл:	
по общепринятой методике (6 категорий)	2,66
по 11 категориям состояния деревьев	2,75
Жизненное состояние по В.А. Алексееву (L, %)	53,66



№ ПП	3
Координаты расположения ПП	N54°55'02,0939" E68°55'02,1622"
Порода	сосна обыкновенная
Возраст, лет	47
Средние:	
диаметр, см	24,6±0,33
высота, м	10,06±0,3
расстояние между рядами, м	–
шаг посадки, м	1,0–1,3
протяженность кроны (L _k), м	7,0
диаметр кроны (D _k), м	4,4
площадь поверхности кроны (S _k), м ²	58,7
объем кроны (V _k), м ³	38,8
Конструкция	редкая сверху (крупносетчатая)– плотная внизу
Количество рядов	1
Ширина полосы, м	–
Расстояние до автодороги, м	43,0
Категория санитарного состояния, балл:	
по общепринятой методике (6 категорий)	2,37
по 11 категориям состояния деревьев	2,42
Жизненное состояние по В.А. Алексееву (L, %)	61,44



№ ПП	4
Координаты расположения ПП	N54°53'35,5468" E68°27'16,2024"
Порода	тополь бальзамический
Возраст, лет	47
Средние:	
диаметр, см	41,4±1,54
высота, м	21,82±0,9
расстояние между рядами, м	2,3
шаг посадки, м	1,4
протяженность кроны (L_k), м	18,7
диаметр кроны (D_k), м	8,7
площадь поверхности кроны (S_k), м ²	288,0
объем кроны (V_k), м ³	594,8
Конструкция	ажурная сверху– плотная внизу
Количество рядов	2
Ширина полосы, м	7,3
Расстояние до автодороги, м	10,0
Категория санитарного состояния, балл:	
по общепринятой методике (6 категорий)	2,12
по 11 категориям состояния деревьев	2,15
Жизненное состояние по В.А. Алексееву (L, %)	67,15



№ ПП	5
Координаты расположения ПП	N54°54'56,1269" E68°55'45,6627"
Порода	клён ясенелистный
Возраст, лет	47
Средние:	
диаметр, см	15,8±0,21
высота, м	10,08±0,4
расстояние между рядами, м	3,0
шаг посадки, м	1,1–1,6
протяженность кроны (L_k), м	8,0
диаметр кроны (D_k), м	4,1
площадь поверхности кроны (S_k), м ²	60,2
объем кроны (V_k), м ³	58,6
Конструкция	ажурно–плотная
Количество рядов	3
Ширина полосы, м	10,0
Расстояние до автодороги, м	35,0
Категория санитарного состояния, балл:	
по общепринятой методике (6 категорий)	4,32
по 11 категориям состояния деревьев	4,89
Жизненное состояние по В.А. Алексееву (L, %)	32,84



№ ПП	6
Координаты расположения ПП	N54°55'21,1012" E69°00'56,1586"
Порода	тополь бальзамический
Возраст, лет	47
Средние:	
диаметр, см	34,9±0,47
высота, м	22,92±0,9
расстояние между рядами, м	3,3
шаг посадки, м	1,7–2,0
протяженность кроны (L_k), м	22,2
диаметр кроны (D_k), м	6,6
площадь поверхности кроны (S_k), м ²	241,7
объем кроны (V_k), м ³	393,6
Конструкция	ажурная
Количество рядов	2
Ширина полосы, м	7,8
Расстояние до автодороги, м	40,0
Категория санитарного состояния, балл:	
по общепринятой методике (6 категорий)	2,02
по 11 категориям состояния деревьев	2,02
Жизненное состояние по В.А. Алексееву (L, %)	69,78



№ ПП	7
Координаты расположения ПП	N54°56'08,3276" E69°00'55,8303"
Порода	тополь бальзамический
Возраст, лет	38
Средние:	
диаметр, см	24,7±0,99
высота, м	16,48±1,1
расстояние между рядами, м	–
шаг посадки, м	–
протяженность кроны (L_k), м	17,6
диаметр кроны (D_k), м	7,3
площадь поверхности кроны (S_k), м ²	227,7
объем кроны (V_k), м ³	412,5
Конструкция	ажурная
Количество рядов	–*
Ширина полосы, м	16,5
Расстояние до автодороги, м	38,0
Категория санитарного состояния, балл:	
по общепринятой методике (6 категорий)	2,05
по 11 категориям состояния деревьев	2,08
Жизненное состояние по В.А. Алексееву (L, %)	70,05



№ ПП	8
Координаты расположения ПП	N54°56'38,8734" E69°00'56,3034"
Порода	тополь бальзамический
Возраст, лет	47
Средние:	
диаметр, см	30,6±0,42
высота, м	19,61±0,9
расстояние между рядами, м	–
шаг посадки, м	1,0
протяженность кроны (L_k), м	19,6
диаметр кроны (D_k), м	7,2
площадь поверхности кроны (S_k), м ²	238,9
объем кроны (V_k), м ³	427,8
Конструкция	ажурная
Количество рядов	1
Ширина полосы, м	–
Расстояние до автодороги, м	37,0
Категория санитарного состояния, балл:	
по общепринятой методике (6 категорий)	2,34
по 11 категориям состояния деревьев	2,44
Жизненное состояние по В.А. Алексееву (L, %)	63,04



№ ПП	9
Координаты расположения ПП	N54°59'41,9609" E69°01'17,9126"
Порода	берёза повислая
Возраст, лет	27
Средние:	
диаметр, см	16,9±0,37
высота, м	13,95±0,7
расстояние между рядами, м	–
шаг посадки, м	–
протяженность кроны (L_k), м	9,5
диаметр кроны (D_k), м	4,0
площадь поверхности кроны (S_k), м ²	69,9
объем кроны (V_k), м ³	74,0
Конструкция	ажурно–плотная
Количество рядов	–*
Ширина полосы, м	21,5
Расстояние до автодороги, м	47,5
Категория санитарного состояния, балл:	
по общепринятой методике (6 категорий)	1,67
по 11 категориям состояния деревьев	1,67
Жизненное состояние по В.А. Алексеву (L, %)	80,05



№ ПП	10
Координаты расположения ПП	N55°01'04,1269" E69°01'33,7036"
Порода	берёза повислая
Возраст, лет	27
Средние:	
диаметр, см	20,1±0,23
высота, м	16,11±0,8
расстояние между рядами, м	–
шаг посадки, м	–
протяженность кроны (L_k), м	11,9
диаметр кроны (D_k), м	5,3
площадь поверхности кроны (S_k), м ²	113,4
объем кроны (V_k), м ³	149,4
Конструкция	ажурно–плотная
Количество рядов	–*
Ширина полосы, м	20,5
Расстояние до автодороги, м	33,0
Категория санитарного состояния, балл:	
по общепринятой методике (6 категорий)	1,59
по 11 категориям состояния деревьев	1,59
Жизненное состояние по В.А. Алексееву (L , %)	81,42



№ ПП	11
Координаты расположения ПП	N55°04'53,0964" E69°04'42,6902"
Порода	вяз обыкновенный
Возраст, лет	47
Средние:	
диаметр, см	12,0±0,73
высота, м	6,49±0,4
расстояние между рядами, м	3,0–4,0
шаг посадки, м	1,25
протяженность кроны (L_k), м	4,7
диаметр кроны (D_k), м	3,2
площадь поверхности кроны (S_k), м ²	31,8
объем кроны (V_k), м ³	25,7
Конструкция	ажурно–продуваемая
Количество рядов	5
Ширина полосы, м	17,0
Расстояние до автодороги, м	49,5
Категория санитарного состояния, балл:	
по общепринятой методике (6 категорий)	4,00
по 11 категориям состояния деревьев	4,31
Жизненное состояние по В.А. Алексееву (L, %)	29,66



№ ПП	12
Координаты расположения ПП	N54°55'10,5231" E68°39'30,5897"
Порода	Бпв
Возраст, лет	57
Средние:	
диаметр, см	18,0±0,28
высота, м	15,64±1,0
расстояние между рядами, м	1,0
шаг посадки, м	0,5(0,7) – 1,0
протяженность кроны (L_k), м	10,3
диаметр кроны (D_k), м	4,0
площадь поверхности кроны (S_k), м ²	71,3
объем кроны (V_k), м ³	71,1
Конструкция	ажурная
Количество рядов	13
Ширина полосы, м	19,5
Расстояние до автодороги, м	24,0
Категория санитарного состояния, балл:	
по общепринятой методике (6 категорий)	1,82
по 11 категориям состояния деревьев	1,91
Жизненное состояние по В.А. Алексееву (L, %)	78,61



№ ПП	13
Координаты расположения ПП	N54°51'46,8730" E68°28'18,8925"
Порода	вяз обыкновенный
Возраст, лет	47
Средние:	
диаметр, см	12,3±0,48
высота, м	8,81±0,4
расстояние между рядами, м	2,8–3,4
шаг посадки, м	1,0
протяженность кроны (L_k), м	8,5
диаметр кроны (D_k), м	4,5
площадь поверхности кроны (S_k), м ²	71,8
объем кроны (V_k), м ³	80,5
Конструкция	плотная
Количество рядов	3
Ширина полосы, м	10,3
Расстояние до автодороги, м	26,5
Категория санитарного состояния, балл:	
по общепринятой методике (6 категорий)	2,70
по 11 категориям состояния деревьев	2,74
Жизненное состояние по В.А. Алексееву (L, %)	54,38



№ ПП	14
Координаты расположения ПП	N54°49'16,3242" E68°28'00,6564"
Порода	вяз обыкновенный
Возраст, лет	47
Средние:	
диаметр, см	11,2±0,54
высота, м	8,32±0,6
расстояние между рядами, м	2,8
шаг посадки, м	1,0
протяженность кроны (L_k), м	7,1
диаметр кроны (D_k), м	3,6
площадь поверхности кроны (S_k), м ²	45,6
объем кроны (V_k), м ³	38,3
Конструкция	плотная
Количество рядов	4
Ширина полосы, м	13,7
Расстояние до автодороги, м	27,0
Категория санитарного состояния, балл:	
по общепринятой методике (6 категорий)	3,20
по 11 категориям состояния деревьев	3,31
Жизненное состояние по В.А. Алексееву (L, %)	46,19



№ ПП	15
Координаты расположения ПП	N54°56'08,3831" E69°01'01,5080"
Порода	тополь бальзамический
Возраст, лет	47
Средние:	
диаметр, см	39,0±1,43
высота, м	23,77±1,1
расстояние между рядами, м	3,2
шаг посадки, м	1,9
протяженность кроны (L_k), м	21,8
диаметр кроны (D_k), м	7,6
площадь поверхности кроны (S_k), м ²	278,4
объем кроны (V_k), м ³	514,4
Конструкция	ажурная
Количество рядов	2
Ширина полосы, м	7,7
Расстояние до автодороги, м	41,0
Категория санитарного состояния, балл:	
по общепринятой методике (6 категорий)	2,13
по 11 категориям состояния деревьев	2,13
Жизненное состояние по В.А. Алексееву (L, %)	66,35



№ ПП	16
Координаты расположения ПП	N53°41'04,0607" E64°09'54,9126"
Порода	берёза повислая
Возраст, лет	38
Средние:	
диаметр, см	22,4±0,41
высота, м	18,50±0,9
расстояние между рядами, м	3,0
шаг посадки, м	2,0-3,0
протяженность кроны (L_k), м	–
диаметр кроны (D_k), м	–
площадь поверхности кроны (S_k), м ²	–
объем кроны (V_k), м ³	–
Конструкция	ажурная
Количество рядов	5
Ширина полосы, м	15
Расстояние до автодороги, м	34
Категория санитарного состояния, балл:	
по общепринятой методике (6 категорий)	2,43
по 11 категориям состояния деревьев	2,89
Жизненное состояние по В.А. Алексеву (L, %)	70,97



№ ПП	17
Координаты расположения ПП	N53°50'14,2178" E64°24'24,3296"
Порода	берёза повислая
Возраст, лет	54
Средние:	
диаметр, см	16,2±0,21
высота, м	15,24±0,7
расстояние между рядами, м	1,5
шаг посадки, м	1,3
протяженность кроны (L_k), м	–
диаметр кроны (D_k), м	–
площадь поверхности кроны (S_k), м ²	–
объем кроны (V_k), м ³	–
Конструкция	ажурно–плотная
Количество рядов	9
Ширина полосы, м	17
Расстояние до автодороги, м	27
Категория санитарного состояния, балл:	
по общепринятой методике (6 категорий)	2,80
по 11 категориям состояния деревьев	3,36
Жизненное состояние по В.А. Алексееву (L, %)	61,62



№ ПП	18
Координаты расположения ПП	N53°50'24,5105" E64°25'22,8180"
Порода	берёза повислая
Возраст, лет	55
Средние:	
диаметр, см	15,4±0,14
высота, м	15,16±0,8
расстояние между рядами, м	1,5
шаг посадки, м	1,2
протяженность кроны (L_k), м	–
диаметр кроны (D_k), м	–
площадь поверхности кроны (S_k), м ²	–
объем кроны (V_k), м ³	–
Конструкция	ажурно–плотная
Количество рядов	10
Ширина полосы, м	19
Расстояние до автодороги, м	36
Категория санитарного состояния, балл:	
по общепринятой методике (6 категорий)	2,70
по 11 категориям состояния деревьев	3,21
Жизненное состояние по В.А. Алексеву (L, %)	64,67



№ ПП	19
Координаты расположения ПП	N53°50'32,5407" E64°26'05,0960"
Порода	берёза повислая
Возраст, лет	55
Средние:	
диаметр, см	18,6±0,39
высота, м	17,36±0,9
расстояние между рядами, м	1,5
шаг посадки, м	1,2
протяженность кроны (L_k), м	–
диаметр кроны (D_k), м	–
площадь поверхности кроны (S_k), м ²	–
объем кроны (V_k), м ³	–
Конструкция	ажурно–плотная
Количество рядов	9
Ширина полосы, м	19
Расстояние до автодороги, м	36
Категория санитарного состояния, балл:	
по общепринятой методике (6 категорий)	2,71
по 11 категориям состояния деревьев	3,09
Жизненное состояние по В.А. Алексеву (L , %)	60,14



№ ПП	20
Координаты расположения ПП	N53°50'42,7105" E64°26'59,9429"
Порода	берёза повислая
Возраст, лет	41
Средние:	
диаметр, см	15,4±0,32
высота, м	15,91±0,5
расстояние между рядами, м	2,0
шаг посадки, м	1,3
протяженность кроны (L_k), м	–
диаметр кроны (D_k), м	–
площадь поверхности кроны (S_k), м ²	–
объем кроны (V_k), м ³	–
Конструкция	ажурно–плотная
Количество рядов	13
Ширина полосы, м	30
Расстояние до автодороги, м	26
Категория санитарного состояния, балл:	
по общепринятой методике (6 категорий)	2,67
по 11 категориям состояния деревьев	3,16
Жизненное состояние по В.А. Алексеву (L, %)	65,65



№ ПП	21
Координаты расположения ПП	N53°51'22,3734" E64°32'01,0018"
Порода	тополь бальзамический
Возраст, лет	47
Средние:	
диаметр, см	26,4±0,34
высота, м	20,93±0,9
расстояние между рядами, м	3,5-5,5
шаг посадки, м	1,3
протяженность кроны (L_k), м	—
диаметр кроны (D_k), м	—
площадь поверхности кроны (S_k), м ²	—
объем кроны (V_k), м ³	—
Конструкция	ажурная
Количество рядов	4
Ширина полосы, м	17
Расстояние до автодороги, м	40
Категория санитарного состояния, балл:	
по общепринятой методике (6 категорий)	2,43
по 11 категориям состояния деревьев	2,43
Жизненное состояние по В.А. Алексееву (L, %)	60,66



№ ПП	22
Координаты расположения ПП	N54°17'49,8652" E65°38'03,1324"
Порода	тополь бальзамический
Возраст, лет	48
Средние:	
диаметр, см	22,7±0,14
высота, м	17,59±0,6
расстояние между рядами, м	3,0
шаг посадки, м	1,5
протяженность кроны (L_k), м	—
диаметр кроны (D_k), м	—
площадь поверхности кроны (S_k), м ²	—
объем кроны (V_k), м ³	—
Конструкция	ажурно–продуваемая
Количество рядов	6
Ширина полосы, м	20
Расстояние до автодороги, м	35
Категория санитарного состояния, балл:	
по общепринятой методике (6 категорий)	3,21
по 11 категориям состояния деревьев	3,28
Жизненное состояние по В.А. Алексееву (L, %)	38,14



№ ПП	23
Координаты расположения ПП	N54°39'34,5838" E67°10'07,1780"
Порода	тополь бальзамический
Возраст, лет	38
Средние:	
диаметр, см	23,8±0,25
высота, м	17,18±0,7
расстояние между рядами, м	3,0-3,5
шаг посадки, м	1,1-1,2
протяженность кроны (L_k), м	—
диаметр кроны (D_k), м	—
площадь поверхности кроны (S_k), м ²	—
объем кроны (V_k), м ³	—
Конструкция	ажурно–продуваемая
Количество рядов	4
Ширина полосы, м	14
Расстояние до автодороги, м	39,5
Категория санитарного состояния, балл:	
по общепринятой методике (6 категорий)	2,41
по 11 категориям состояния деревьев	2,43
Жизненное состояние по В.А. Алексееву (L, %)	61,40



№ ПП	24
Координаты расположения ПП	N54°39'42,7152" E67°19'19,3017"
Порода	тополь бальзамический
Возраст, лет	58
Средние:	
диаметр, см	20,8±0,30
высота, м	16,65±0,5
расстояние между рядами, м	3,0-3,5
шаг посадки, м	1,1-1,4
протяженность кроны (L_k), м	–
диаметр кроны (D_k), м	–
площадь поверхности кроны (S_k), м ²	–
объем кроны (V_k), м ³	–
Конструкция	редкая сверху (крупносетчатая)– ажурная внизу
Количество рядов	5
Ширина полосы, м	17
Расстояние до автодороги, м	28
Категория санитарного состояния, балл:	
по общепринятой методике (6 категорий)	3,21
по 11 категориям состояния деревьев	3,55
Жизненное состояние по В.А. Алексееву (L , %)	49,80

