

На правах рукописи

Рябова Дарья Владимировна

**ВЛИЯНИЕ ТРАВЯНИСТОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ
НА ВЕТРОВУЮ ТЕНЬ ПОЛЕЗАЩИТНЫХ ЛЕСНЫХ ПОЛОС
И ЛАНДШАФТНЫЕ ПОЖАРЫ В СТЕПНОЙ ЗОНЕ**

06.03.03 – Агролесомелиорация, защитное лесоразведение
и озеленение населённых пунктов, лесные пожары и борьба с ними

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание учёной степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Волгоград – 2022

Работа выполнена в Новочеркасском инженерно-мелиоративном институте имени А. К. Кортунова – филиале федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Донской государственной аграрный университет»

Научный руководитель: **Танюкевич Вадим Викторович**
доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Официальные оппоненты: **Петелько Анатолий Иванович,**
доктор сельскохозяйственных наук,
главный научный сотрудник, Новосильская
зональная агролесомелиоративная опытная
станция имени А.С. Козменко – филиал ФГБНУ
«Федеральный научный центр агроэкологии,
комплексных мелиораций и защитного
лесоразведения Российской академии наук»

Козаченко Максим Анатольевич,
кандидат сельскохозяйственных наук, доцент,
доцент кафедры «Лесное хозяйство и
ландшафтное строительство»,
ФГБОУ ВО «Саратовский государственный
аграрный университет имени Н. И. Вавилова»

Ведущая организация: ФГБНУ «Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации»

Защита диссертации состоится 18 июля 2022 г. в 13⁰⁰ часов на заседании диссертационного совета Д 006.007.01 на базе ФГБНУ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук» по адресу: 400062, г. Волгоград, проспект Университетский, 97.

С диссертацией и авторефератом можно ознакомиться в научной библиотеке ФГБНУ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук» и на сайте Центра <https://vfanc.ru>; e-mail: avfanc@yandex.ru, тел./факс: 8(8442) 46-25-13.

Автореферат разослан «___» _____ 2022 г.

Учёный секретарь диссертационного совета,
кандидат сельскохозяйственных наук



Хужахметова
Алия Шамильевна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность и степень разработанности темы исследований. Теория и практика полезащитного лесоразведения раскрыты в работах Г.Н. Высоцкого (1932, 1950, 1983), М.И. Долгилевича (1982, 1991), В.М. Ивонина (2003, 2008, 2010, 2011), Н.Ф. Кулика (1987), К.Н. Кулика (2005, 2008), Г.И. Матякина (1936, 1952), А.С. Манаенкова (2014), Д.А. Маштакова (2014), В.И. Михина (2012), Е.С. Павловского (1976, 1988), В.И. Петрова (2006), П.Н. Проедова (2014), А.С. Рулева (2007, 2012), А.В. Семенютиной (2007), В.В. Танюкевича (2007, 2010-2020) и др.

В работах В.В. Танюкевича (2011, 2012, 2015, 2017), А.В. Журавлевой (2017), О.И. Бабошко (2016) показана мелиоративная роль надземной фитомассы лесных полос, которая формирует их ветровую тень.

Е.С. Павловский отмечал возможное влияние зарастания подпологового пространства на состояние и ветровую тень робиниевых полезащитных лесополос. Само «остепнение» он связывал с освещённостью насаждений (1976, 1988). Вопрос влияния подпологовой травянистой растительности на формирование ветровой тени лесных полос требует уточнения.

Аридизация климата провоцирует увеличение количества и площади ландшафтных пожаров в степной зоне. Так, в Ростовской области в период с 2016 по 2018 гг., отмечено свыше 15 тыс. низовых ландшафтных пожаров общей площадью около 4 тысяч га (<https://161.ru/text/incidents/2019/04/29/66072952/>).

Основы агролесомелиоративной пирологии были сформулированы в трудах Н.Н. Дубенка, В.В. Танюкевича, О.И. Доманиной, С.В. Тюрина (2017-2021). Этими авторами было исследовано влияние робиниевых полезащитных лесных полос на распространение ландшафтных пожаров, а также влияние пожаров на состояние и ветровую тень насаждений. По сообщениям Н.М. Ковалевой (2012, 2013), травянистая растительность является первичным горючим материалом в лесных насаждениях. Однако её влияние на протекание пожаров в агролесоландшафтах степной зоны требует уточнения.

Цели и задачи исследований.

Цель научных исследований – определить влияние травянистой растительности на длину ветровой тени робиниевых полезащитных лесных полос и развитие ландшафтных пожаров в степной зоне.

Основные задачи исследований:

- определить видовое разнообразие и надземную фитомассу травянистой растительности в робиниевых полезащитных лесополосах степной зоны;
- выявить влияние надземной фитомассы травянистой растительности на состояние и фитонасыщенность робиниевых лесных полос;
- установить зависимость длины ветровой тени робиниевых полезащитных лесополос от надземной фитомассы травянистой растительности;
- определить влияние травянистой растительности на пирологические характеристики полезащитных лесных насаждений;
- дать экономическую оценку мелиоративного ресурса робиниевых полезащитных лесополос и ущерба от ландшафтных пожаров.

Научная новизна исследований. Уточнено влияние освещённости на надземную фитомассу и видовое разнообразие подпологовой травянистой растительности робиниевых полезащитных лесных полос степной зоны. Установлено влияние травянистого покрова на длину ветровой тени полезащитных лесных полос. Определена зависимость площади низовых пожаров от величины надземной фитомассы травянистой растительности в степных агролесоландшафтах. Дополнена методика экономической оценки ресурсов полезащитных лесных полос.

Теоретическая и практическая значимость работы. Теоретическая значимость диссертации определяется выявленными закономерностями и полученными математическими зависимостями, которые с высокой точностью описывают влияние полноты насаждения на освещённость подпологового пространства и надземную фитомассу травянистой растительности. Установлена связь фитомассы травянистого покрова, фитонасыщенности лесных полос и длины ветровой тени насаждений. Получена зависимость площади низовых ландшафтных пожаров от надземной фитомассы подпологовой травянистой растительности.

Практическая значимость диссертационной работы заключается в составленных «Рекомендациях по прогнозированию распространения пожаров в лесоаграрных ландшафтах степной зоны и оценке причинённого ущерба» (Танюкевич В.В. и др., 2019). Результаты исследований могут использоваться при проведении учёта (инвентаризации) мелиоративных лесных насаждений на землях сельскохозяйственного назначения. Материалы диссертации были успешно внедрены в учебную работу в НИМИ им. А.К. Кортунова ФГБОУ ВО Донской ГАУ, направлений подготовки «Лесное дело» (бакалавриат, магистратура). Результаты исследований были использованы в ГБУ СК «Кировский лесхоз» в 2020 году, при создании полезащитных лесных полос на площади 16,6 га, ведении хозяйства в существующих полезащитных лесополосах на площади 70,0 га, профилактике пожаров в агролесоландшафтах на площади 86,6 га с себестоимостью внедряемых положений 6,4 тыс. руб./га и сроком окупаемости 3 года.

Методология и методы исследований. Исследования основаны на системном научном подходе, принятом в агролесомелиорации и лесной пирологии. Были применены апробированные высокоточные методики научных исследований в области защитного лесоразведения и информационные технологии ИСДМ – «Рослесхоз».

Положения, выносимые на защиту:

- степени зарастания травянистой растительностью полезащитных лесополос степной зоны;
- длина ветровой тени, формируемой робиниевыми полезащитными лесными полосами, в зависимости от надземной фитомассы травянистой растительности;
- площади низовых ландшафтных пожаров в зависимости от их продолжительности и степени зарастания лесополос травянистой растительностью;
- экономическая эффективность полезащитных лесных полос в зависимости от степени зарастания травянистой растительностью.

Степень достоверности и апробация результатов.

Достоверность полученных результатов подтверждается статистической обработкой данных («Statistica – 13.3 32»), большим количеством опытных участков. Результаты проведённых исследований доложены на «Шумаковских чтениях» (Все-

российская научно-практическая конференция, Новочеркасск, 2019 г.), международных научно-практических конференциях (Минск, 2020 г.; Волгоград, 2019 г.), а также на «Лесной мелиорации и эколого-гидрологических проблемах Донского водосборного бассейна» (Национальная научная конференция, Волгоград, 2020 г.).

Личный вклад. Автор диссертации определил задачи, цель, методику и программу исследований, изучил надземную фитомассу травянистой растительности, длину ветровой тени робиниевых полезащитных лесных полос, пирогенное влияние травы на опытных участках в Ростовской области. Дана оценка экономической эффективности ресурсов полезащитных лесных полос с учётом возможного дохода от дополнительного урожая озимой пшеницы и ущерба от зарастания травянистой растительностью и наносимого низовыми пожарами. Соискателем определены перспективы дальнейшей разработки темы, даны предложения производству, сформулировано заключение.

Публикации. Содержание диссертации опубликовано в 15 научных работах, общий объём 4,94 п. л. (доля автора 1,38 п. л.). В журналах, рекомендованных ВАК, опубликовано 5 статей (участие соискателя 0,84 п. л.). Издана 1 научная статья в издании на иностранном языке (доля автора 0,1 п. л.).

Структура и объём диссертации. Работа включает в себя введение, 5 глав, заключение, рекомендации производству, перспективы дальнейшей разработки темы, список литературы, насчитывающий 196 источников, из них 9 – на иностранных языках, а также 2 приложения. Общий объём диссертации 123 страницы компьютерного текста, включающего в себя 27 таблиц, 35 рисунков.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

1 ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

В главе проанализирован опыт агролесомелиорации на основе работ Е.С. Павловского (1976, 1988), К.Н. Кулика (2005, 2008), А.С. Рулева (2007, 2012), В.М. Ивонина (2003, 2011), В.В. Танюкевича (2012, 2015), и др. В качестве главной породы, применяемой в степном лесоразведении, была определена *Robinia pseudoacacia* L., которая формирует четырёх-пятирядные насаждения ажурной конструкции, классом бонитета III-IV, шириной 12-18 м. Расстояние между основными ветрорегулирующими лесными полосами составляло 400-450 м, между вспомогательными 1000-1200 м, первоначальная густота насаждений 3333 шт/га, диаметр древостоя 10-21 см, высота 8-12 м.

Положительный опыт применения *Robinia pseudoacacia* L. в лесоразведении в регионе исследования изучен в работах В.В. Танюкевича (2011, 2012, 2015), О.И. Бабшко (2016). Отмечено изреживание лесных насаждений, снижение их полноты под действием засухи. Это влечёт за собой уменьшение фитонасыщенности лесных полос и сокращение их ветровой тени (Танюкевич В.В., 2015).

Живой напочвенный покров лесонасаждений в различных регионах страны исследовали В.А. Баранов (1982, 1984, 1989), Н.В. Беляева (2010, 2012-2014), С.В. Залесов (2006, 2017), Н.М. Ковалева (2012, 2013) и др. Основными видами травянистой растительности являлись *Elitrigia repens* L., *Poa pratensis* L., *Euphorbia esula* L., *Dactylis glomerata* L., *Convolvulus arvensis* L., *Phleum pratense* L., *Artemisia vulgaris* L., *Koeleria pyramidata* L., *Festuca pratensis* H. Высота травостоя достигала 80 см.

Агролесомелиоративная пирология раскрыта в работах В.В. Танюкевича, Н.Н. Дубенка, О.И. Доманиной и др. (2017-2021). Этими авторами показана способность лесополос как сдерживать распространение низовых пожаров, так и ускорять его в зависимости от жизненного состояния древостоя и запасов подпологовой мортмассы.

Экономическая оценка полезности лесных полос дана в работах Г.А. Фоменко (2000), В.М. Ивонина (2003, 2011), В.В. Танюкевича (2012, 2015), В.М. Трибун-

ской (1984) и др. Авторами учитываются следующие аспекты: рыночная (прямая) ценность мелиоративного ресурса; рыночная (прямая) оценка древесных ресурсов; косвенная оценка природоохранного ресурса (депонирование углерода и продуцирование кислорода); общая оценка лесных полос агролесоландшафтов. Также учитывается выделение углерода и выгорание кислорода (Бердникова Л.Н., 2018), ущерб от потерь древесины при низовых пожарах (Дубенок Н.Н., Танюкевич В.В. и др., 2017).

2 ОБЪЕКТЫ, ПРОГРАММА И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Описаны природные особенности региона исследований – Ростовской области.

Исследование влияния травянистой растительности на длину ветровой тени полезащитных лесополос в степной зоне проводилось на опытных участках, заложенных по принципу «межполосное поле – робиниевая лесная полоса», в модальных насаждениях, на территории Октябрьского (сельского) и Тарасовского административных районов Ростовской области. Основные ветрорегулирующие лесные полосы, расположенные в направлении «север – юг», были отобраны по результатам инвентаризации, выполненной в 2006 году ООО НПЦ «Кадастр», с учётом их актуализации В.В. Танюкевичем (2012).

Изучение влияния травянистой растительности на ландшафтные пожары проводилось в 2016-2017 гг. в робиниевых лесных полосах, в Матвеево-Курганском и Неклиновском административных районах Ростовской области совместно (Танюкевич В.В. и др., 2019). Характеристика объектов исследований приведена в таблице 1.

Рабочая гипотеза заключается о том, что аридизация климата и опустынивание приводят к снижению продуктивности, изреживанию древостоя лесных полос, уменьшению его полноты и увеличению освещённости подпологового пространства. Это приводит к увеличению зарастания травянистой растительностью, что может оказывать влияние на состояние и ветровую тень лесополос. Травянистая растительность под пологом насаждений также оказывает влияние на распространение низовых пожаров в агролесоландшафтах степной зоны.

Первый программный вопрос «*Травянистая растительность полезащитных лесных полос*». В робиниевых лесополосах на заложенных 27 учётных площадках

размером 1×1 м при помощи люксметра «Ю116» проводили измерение освещённости подпологового травянистого покрова в трёхкратной повторности, при экспозиции 5 минут, в опушечной и центральной частях насаждений.

Таблица 1 – Характеристика объектов исследований
(возраст насаждений – 35 лет, конструкция ажурная, класс бонитета III-IV)
(Дубенок Н.Н. и др., 2018; Танюкевич В.В. и др., 2019; Рябова Д.В., 2021)

| № опытного уч-ка / инв. Лесополосы | Координаты | Показатели древостоев насаждений | | | | | | средневзвешенный балл состояния |
|--|---------------------------|----------------------------------|-------------|-----------|--------------|---------------------------|---------|---------------------------------|
| | | высота, м | диаметр, см | ширина, м | кол-во рядов | запас, м ³ /га | полнота | |
| Изучение влияния травянистой растительности на ветровую тень лесных полос | | | | | | | | |
| <i>Тарасовский район Ростовской области</i> | | | | | | | | |
| 1/17 | 48°37'42.4"N40°18'28.7"E | 8 | 18 | 15 | 5 | 90 | 0,6 | 3,6 |
| 2/22 | 48°37'46.8"N40°18'08.6"E | 9 | 19 | 16 | 5 | 94 | 0,8 | 2,8 |
| 3/25 | 48°39'24.3"N40°17'55.7"E | 9 | 21 | 16 | 5 | 118 | 0,8 | 2,1 |
| <i>Октябрьский (сельский) район Ростовской области</i> | | | | | | | | |
| 4/105 | 47°32'16.3"N 40°07'14.7"E | 9 | 18 | 17 | 5 | 90 | 0,7 | 3,8 |
| 5/111 | 47°32'20.3"N 40°07'17.4"E | 9 | 17 | 17 | 5 | 92 | 0,7 | 2,9 |
| 6/148 | 47°29'02.8"N 40°09'23.3"E | 10 | 20 | 18 | 5 | 120 | 0,8 | 2,3 |
| 7/23 | 47°28'40.7"N 40°09'24.0"E | 8 | 18 | 16 | 5 | 90 | 0,7 | 2,6 |
| 8/27 | 47°28'46.1"N 40°10'09.0"E | 9 | 20 | 18 | 5 | 90 | 0,6 | 2,8 |
| 9/31 | 47°28'31.8"N 40°11'26.5"E | 8 | 20 | 17 | 5 | 60 | 0,6 | 3,4 |
| Изучение влияния травянистой растительности на ландшафтные пожары | | | | | | | | |
| <i>Неклиновский район Ростовской области</i> | | | | | | | | |
| 10/1 | 47°23'04.7"N38°43'24.9"E | 11 | 11 | 12 | 4 | 66 | 0,6 | 3,0 |
| 11/3 | 47°22'01.4"N38°46'40.8"E | 10 | 11 | 12 | 4 | 62 | 0,6 | 3,0 |
| 12/18 | 47°25'19.8"N38°48'58.3"E | 10 | 11 | 12 | 4 | 63 | 0,6 | 3,0 |
| 13/20 | 47°25'51.8"N38°45'05.6"E | 10 | 11 | 12 | 4 | 64 | 0,6 | 3,0 |
| 14/23 | 47°26'26.0"N38°44'32.9"E | 10 | 11 | 12 | 4 | 65 | 0,6 | 3,0 |
| 15/8 | 47°22'40.4"N38°41'48.9"E | 11 | 10 | 12 | 4 | 63 | 0,6 | 2,0 |
| 16/24 | 47°21'24.4"N38°46'04.2"E | 11 | 10 | 12 | 4 | 60 | 0,6 | 2,0 |
| 17/50 | 47°23'49.1"N38°41'01.7"E | 11 | 10 | 12 | 4 | 60 | 0,6 | 2,0 |
| <i>Матвеево-Курганский район Ростовской области</i> | | | | | | | | |
| 18/51 | 47°26'33.1"N38°39'49.9"E | 11 | 11 | 12 | 4 | 68 | 0,6 | 2,0 |
| 19/54 | 47°28'06.2"N38°34'01.5"E | 12 | 10 | 12 | 4 | 70 | 0,6 | 2,0 |
| 20/25 | 47°24'24.9"N38°42'46.5"E | 10 | 11 | 12 | 4 | 63 | 0,6 | 1,0 |
| 21/26 | 47°24'53.6"N38°42'45.7"E | 11 | 12 | 12 | 4 | 69 | 0,6 | 1,0 |
| 22/28 | 47°24'48.5"N38°39'26.4"E | 10 | 12 | 12 | 4 | 64 | 0,6 | 1,0 |
| 23/30 | 47°27'07.3"N38°37'10.1"E | 10 | 11 | 12 | 4 | 62 | 0,6 | 1,0 |
| 24/36 | 47°24'45.8"N38°38'41.8"E | 10 | 12 | 12 | 4 | 64 | 0,6 | 1,0 |

Исследование зарастания травостоем лесополос проводили с использованием апробированной методики (Ивонин В.М., Пеньковский Н.Д., 2003). На заложенных метровых учётных площадках определяли вид, высоту травянистой растительности, а

также её массу (в сырораствующем и воздушно-сухом состоянии). Степени зарастания подпологовым травостоем установили, используя уравнения Гаусса. Определили индекс видового сходства Сёренсена и индекс доминирования И. Балога (Засоба В.В. и др., 2007).

Второй программный вопрос *«Влияние травянистой растительности на ветровую тень полезащитных лесополос и ландшафтные пожары в степной зоне»*. В робиниевых лесных полосах, в типичных участках насаждений, были заложены пробные площадки по ОСТ 56-69-83. По П.П. Изюмскому (1972) выполняли таксацию древостоев. В соответствии со шкалой «Правил санитарной безопасности в лесах РФ» (2020), вычисляли средний балл жизненного состояния насаждений. Фитопродуктивность лесных полос оценивали по методике В.В. Танюкевича (2015), с учётом переводного коэффициента (Замолодчиков Д.Г. и др., 2003).

Длина ветровой тени робиниевых лесных полос при разной степени зарастания травянистой растительностью, изучалась на примыкающих межполосных полях, с применением мобильной цифровой метеорологической станции «Орегон». Условные профили закладывались строго перпендикулярно по отношению к насаждениям, в которых изучалась надземная фитомасса травостоя, на расстоянии от лесополос, кратном 1Н, 2Н, 5Н, 10Н, 20Н, 30Н, 35Н (контроль). Изучение длины ветровой тени выполняли на высоте от поверхности 80 см, при скорости ветра на контроле (V_k) = 6-8 м/с., в июне и ноябре 2019 года.

Скорость распространения ландшафтных пожаров устанавливали по высоте нагара на стволах деревьев в полезащитных лесных полосах (Щетинский Е.А., 1996) с учётом статистических данных. Пирогенные повреждения полезащитных полос оценивали по адаптированной нами классификации гарей И.С. Мелехова (Танюкевич В.В. и др., 2019). Таксацию деревьев проводили на 15 опытных площадках, заложенных по ОСТ 56-69-83, в типичных участках насаждений-горельников. Исследование подпологовой травянистой растительности проводилось по описанной выше методике на невыгоревших участках.

Третий программный вопрос *«Ценность ресурсов полезащитных лесных полос в связи с травянистой растительностью»*. Общую ценность робиниевых полеза-

щитных лесных полос рассчитывали по формуле (1):

$$\text{Цобщ} = \text{Пу} - (\text{Упд} + \text{Усо}_2 + \text{Уо}_2), \quad (1)$$

где Цобщ – общая ценность полезационных лесных полос при разной степени зарастания травянистой растительностью, руб.; Пу – прибыль от прибавки урожая, руб.;

Упд – ущерб, вызванный потерями древесины при пожарах, руб.; Усо₂ – ущерб от выброса диоксида углерода, руб.; Уо₂ – ущерб от выгорания кислорода, руб.

3 ТРАВЯНИСТАЯ РАСТИТЕЛЬНОСТЬ ПОЛЕЗАЦИОННЫХ ЛЕСНЫХ ПОЛОС

Выявлена математическая зависимость освещённости подпологового пространства лесополос от полноты насаждений (Рябова Д.В., 2022) (2):

$$E = -75,298P + 121,69 \text{ при } R^2 = 0,799, \quad (2)$$

где E – освещённость подпологового пространства лесополос, Лк; P – полнота лесных полос.

Максимальное значение освещённости подпологового пространства (77 Лк) наблюдается при полноте насаждения 0,6. Минимальная освещённость (61 Лк) – при полноте 0,8.

В ходе исследований под пологом полезационных лесополос были выявлены следующие виды травянистой растительности: *Elitrigia repens* L. высотой 20-80 см, со средней плотностью 199 шт./м² (преобладающий вид, индекс доминирования 74 %.), *Poa pratensis* L. 25-32 см, 112 шт./м², *Dactylis glomerata* L. 25-65 см, 100 шт./м², *Phleum pratense* L. 50-60 см, 77 шт./м², *Festuca pratensis* H. 27-32 см, 67 шт./м², *Koeleria pyramidata* L. 15-20 см, 62 шт./м², *Artemisia vulgaris* L. 80 см, 4 шт./м², *Convolvulus arvensis* L. 50-60 см, 5 шт./м², *Euphorbia esula* L. 50 см, 3 шт./м². Индекс видового сходства Сёренсена составляет 0,22-0,67, среднее 0,45.

Установлены три степени зарастания травянистой растительностью полезационных лесных полос. Низкой степени соответствует надземная фитомасса 254 г/м² и менее, средней – 255-304 г/м², высокой – 305 г/м² и более. Результаты исследований опубликованы совместно (Дубенок Н.Н. и др., 2018; Танюкевич В.В. и др., 2019; Хмелева Д.В. и др., 2019; Танюкевич В.В. и др., 2020; Рябова Д.В., 2022).

Получена связь надземной фитомассы подпологовой травянистой растительности с её освещённостью (Рябова Д.В., 2022) (3):

$$M = 12,918E - 622,06 \text{ при } R^2 = 0,547, \quad (3)$$

где M – надземная фитомасса травостоя робиниевых лесополос, $\text{г}/\text{м}^2$; E – освещённость подпологового пространства насаждений, Лк.

При минимальном значении освещённости 60 Лк наблюдается наименьшее значение надземной фитомассы травянистого покрова $153 \text{ г}/\text{м}^2$ (низкая степень зарастания подпологового пространства). При освещённости 70 Лк отмечается средняя степень зарастания травостоем ($255\text{-}304 \text{ г}/\text{м}^2$). При максимальной освещённости (80 Лк) значение фитомассы травянистой растительности увеличивается до $411 \text{ г}/\text{м}^2$ (высокая степень зарастания).

Установили связь надземной фитомассы подпологовой травянистой растительности и полноты полезащитных лесополос (Рябова Д.В., 2022) (4):

$$M = -1165,5P + 1082,7 \text{ при } R^2 = 0,627, \quad (4)$$

где M – надземная фитомасса подпологовой травянистой растительности робиниевых лесных полос, $\text{г}/\text{м}^2$; P – полнота робиниевых лесополос.

Решение уравнения (4) показано на рисунке 1. Максимальное значение надземной фитомассы травянистой растительности $383 \text{ г}/\text{м}^2$ (высокая степень зарастания) наблюдается при полноте 0,6. При увеличении полноты насаждений до 0,7 происходит уменьшение продуктивности травостоя до $266 \text{ г}/\text{м}^2$ (средняя степень зарастания). При максимальном зафиксированном значении полноты 0,8 наблюдается низкая степень зарастания травянистой растительностью – $150 \text{ г}/\text{м}^2$.

Установлена связь фитонасыщенности полезащитной лесополосы с надземной фитомассой подпологовой травянистой растительности (5).

$$\Phi_{\text{пл}} = -0,0002 M + 0,664 \text{ при } R^2 = 0,485, \quad (5)$$

где $\Phi_{\text{пл}}$ – фитонасыщенность полезащитной лесополосы, $\text{кг}/\text{м}^3$; M – надземная фитомасса подпологовой травянистой растительности, $\text{г}/\text{м}^2$.

Низкой степени зарастания травянистой растительностью соответствует значение фитонасыщенности лесных полос до $0,613 \text{ кг}/\text{м}^3$, средней степени – фитонасыщенность $0,613\text{-}0,603 \text{ кг}/\text{м}^3$, высокой степени – менее $0,603 \text{ кг}/\text{м}^3$.

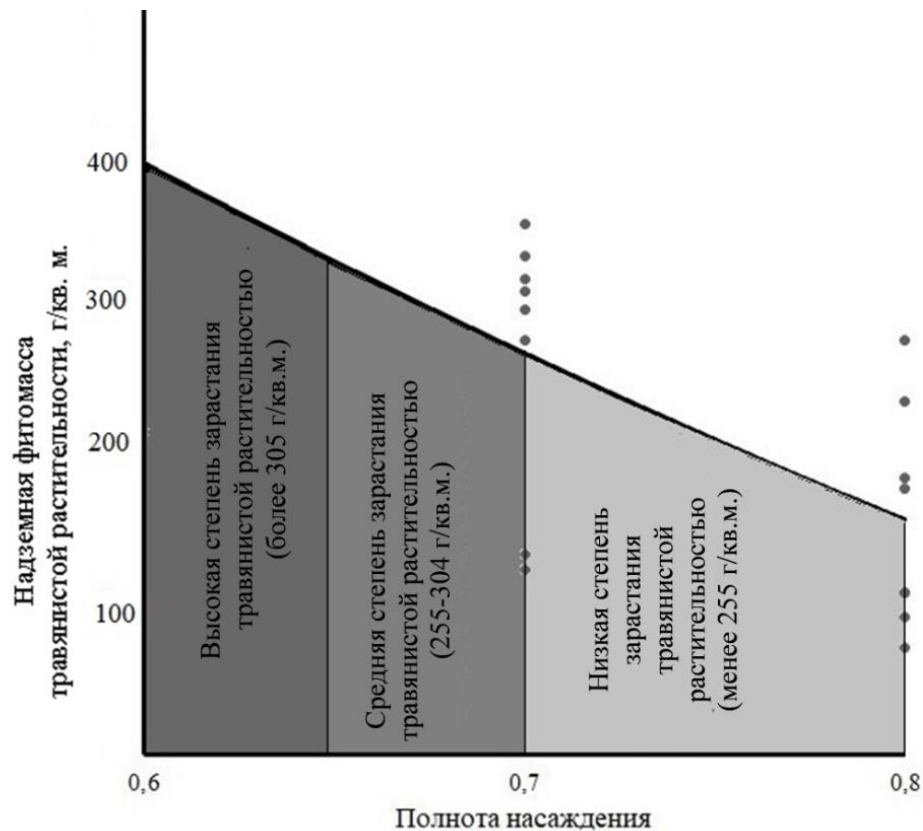


Рисунок 1 – Связь надземной фитомассы подпологовой травянистой растительности с полнотой робиниевых полезащитных лесополос

Совместные исследования с С.В. Тюриным на Прикубанской равнине Краснодарского края позволили установить особенности роста *Robinia pseudoacacia* L. в лесополосах. В условиях степной зоны, при наличии подпологового травостоя, робиния в полезащитных лесополосах-молодняках характеризуется I-II классами бонитета, в приспевающих и средневозрастных – III, в спелых и перестойных – IV классом. Рост породы прекращается в 70 лет (возраст естественной спелости) с предельным значением диаметра 22 см и высоты 15 м (Танюкевич В.В. и др., 2020).

4 ВЛИЯНИЕ ТРАВЯНИСТОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ НА ВЕТРОВУЮ ТЕНЬ ПОЛЕЗАЩИТНЫХ ЛЕСНЫХ ПОЛОС И ЛАНДШАФТНЫЕ ПОЖАРЫ В СТЕПНОЙ ЗОНЕ

Удалось установить связь баллов жизненного состояния робиниевых полезащитных лесных полос с надземной фитомассой подпологовой травянистой растительности (6):

$$K = 0,0044M + 1,7458 \text{ при } R^2 = 0,801, \quad (6)$$

где K – балл жизненного состояния лесополос; M – надземная фитомасса подпологовой травянистой растительности, $г/м^2$. Результаты исследований опубликованы совместно (Дубенок Н.Н. и др., 2018; Рябова Д.В., 2022).

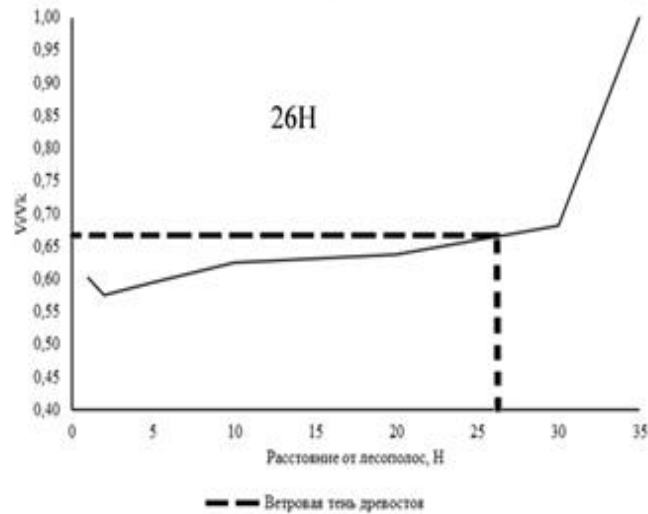
В лесополосах с низкой степенью зарастания травостоем балл жизненного состояния насаждений 1-2,86 (здоровые и ослабленные), при средней степени – 2,87-3,1 (ослабленные и сильно ослабленные), при высокой степени – 3,1-5 (сильно ослабленные и усыхающие, соответственно).

Ветровая тень полезащитных лесных полос состоит из двух компонентов: ветровой тени древостоев и ветровой тени (преимущественно, локальной) подпологовой травянистой растительности. Последняя возможна при достаточно сильном зарастании подпологового пространства лесополос, когда формируется плотный сплошной покров. Ухудшая состояние древостоя, зарастание приводит к существенному сокращению длины ветровой тени насаждения. Установлены размеры ветровой тени полезащитных лесных полос при различной степени зарастания травянистой растительностью (рисунок 2) (Дубенок Н.Н. и др., 2018; Танюкевич В.В. и др., 2019, 2020).

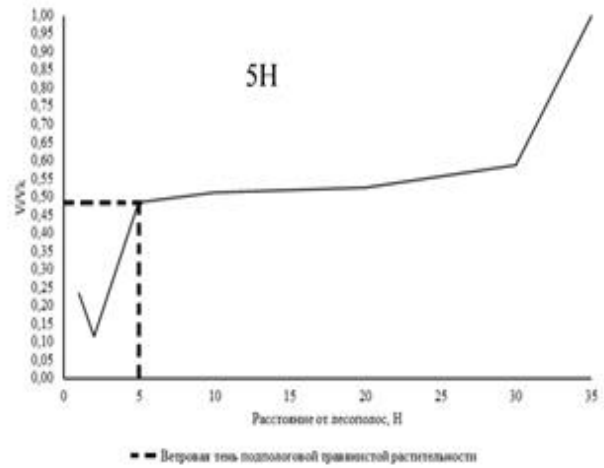
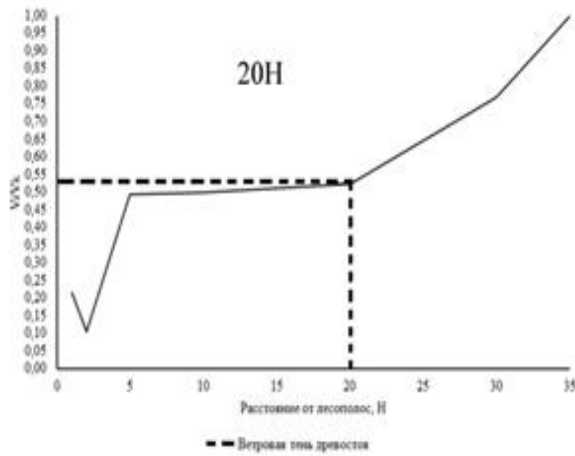
Для ветровой тени, формируемой подпологовой травянистой растительностью при низкой степени зарастания лесополос, среднее значение $V_i/V_k = 0,94$, т.е. не удалось установить её ветровую тень. Очевидно, что данной надземной фитомассы травянистого покрова недостаточно для оказания аэродинамического влияния на ветровой поток. Такая степень зарастания существенно не угнетает состояние древостоя, и фиксируется наибольшая длина ветровой тени полезащитных лесополос, кратная 26Н.

В ходе исследований была установлена ветровая тень, формируемая травянистой растительностью при средней степени зарастания лесополос ($255-304 г/м^2$), она составляет 5Н. Снижение скорости ветра под действием травянистого покрова в приземном слое воздуха достигает 51 % от значения на контроле. Наряду с этим удалось определить ветровую тень, формируемую древостоем – 20Н (при средней скорости $V_i/V_k = 0,52$). По сравнению со слабозаросшими лесополосами, происходит угнетение древостоя подпологовой травянистой растительностью в большей степени, при этом снижается общая ветровая тень насаждения.

Низкая степень зарастания травянистой растительностью



Средняя степень зарастания травянистой растительностью



Высокая степень зарастания травянистой растительностью

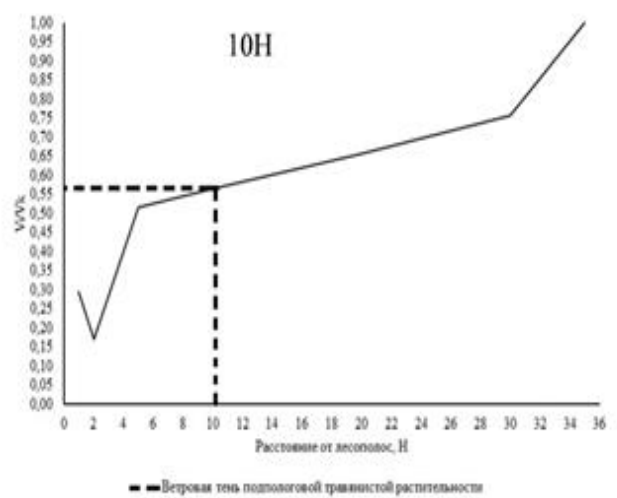
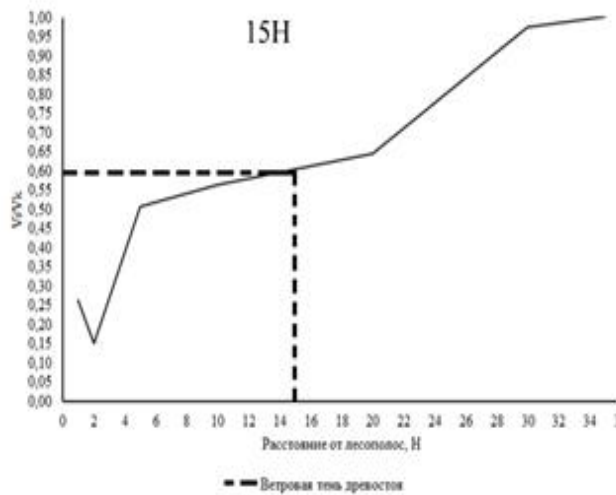


Рисунок 2 – Длина ветровой тени полезащитных лесополос при различной степени зарастания травянистой растительностью

Увеличение надземной фитомассы травостоя до 305 г/м^2 приводит к формированию его собственной ветровой тени 10Н . Снижение скорости ветра под действием травянистой растительности в приземном слое воздуха достигает 44% от значения на контроле. Угнетение древесных растений подпологовым травянистым покровом приводит к существенному снижению длины ветровой тени самого древостоя (не более 15Н), а скорость ветра в зоне мелиоративного влияния насаждений составляет около 41% от значений на контроле.

В 2016 году на территории региона было зафиксировано 725 ландшафтных пожаров с общей площадью выгорания 1320 га . При этом значительное количество возгораний отмечено в Неклиновском (20) и Матвеево-Курганском районах (21), площадь пожаров достигала 257 и 307 га соответственно ([https: минприроды.рф](https://минприроды.рф)).

Исследовались беглые низовые пожары площадью $3,77\text{--}38,91 \text{ га}$, со скоростью распространения фронта огня $0,6\text{--}8 \text{ м/мин}$, при классе пожарной опасности III-IV, преобладающем восточном ветре $4\text{--}5 \text{ м/с}$. Надземная фитомасса травостоя составляла $140\text{--}350 \text{ г/м}^2$. Результаты исследований опубликованы совместно (Танюкевич В.В. и др., 2019). Влияние подпологовой травянистой растительности на распространение низовых пожаров в степных агролесоландшафтах показано в таблице 2.

На основе уравнения (Танюкевич В.В. и др., 2019; Доманина О.И., 2020), была получена множественная зависимость (7), характеризующая роль подпологовой травянистой растительности в распространении пожаров:

$$S_{\text{нлп}} = - 3395,9 + 67,8T + 16,3M \text{ при } R=0,932, \quad (7)$$

где $S_{\text{нлп}}$ – площадь низового ландшафтного пожара, м^2 ; T – продолжительность распространения низового пожара, минут; M – надземная фитомасса подпологовой травянистой растительности полезащитных робиниевых лесополос, г/м^2 .

Решение уравнения (7) показано на рисунке 3.

По нашим данным, начальная стадия пожара длится до 10 минут (3% от общей продолжительности пожара). Затухающая стадия пожара продолжается до 40

минут (11%). Всё оставшееся время наблюдается вторая стадия (объёмного развития пожара) – около 310 минут (86%).

Таблица 2 – Особенности низовых пожаров в агролесоландшафтах при разной степени зарастания травянистой растительностью

| Надземная фитомасса травянистой растительности, г/м ² | Горючие материалы в лесных полосах | Особенности протекания пожаров в лесополосах | Степень пирогенного повреждения и последствия пожаров |
|--|--|---|---|
| 254 и менее | Травянистая растительность, растительный опад, отдельные усохшие ветви деревьев | Скорость фронта до 1-2 м/мин. В лесополосе, по сравнению с открытыми участками, скорость пожара существенно снижается. Локализация пожара в лесополосах | Слабая степень, выгорание отдельных деревьев, локальное выгорание травянистой растительности и подроста |
| 255-304 | Травянистая растительность, растительный опад, ослабленные и сухостойные деревья | Скорость фронта 2-3 м/мин. В лесополосе, по сравнению с открытыми участками, скорость пожара существенно снижается. Транзит пожара через лесополосы | Средняя степень, жизнедеятельных деревьев более 10%; подрост и травянистая растительность выгорели |
| 305 и более | Древесная и травянистая растительность; опад | Скорость фронта 7-8 м/мин. В лесополосе, по сравнению с открытыми участками, скорость пожара существенно возрастает. Транзит пожара через лесополосы | Сильная степень повреждения, гарь |

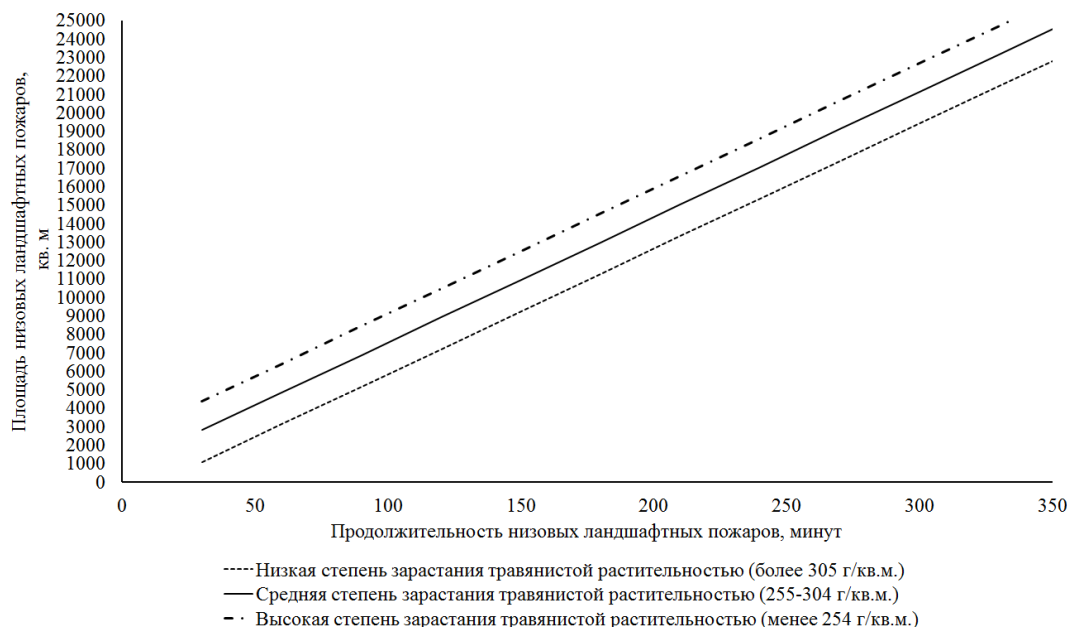


Рисунок 3 – Зависимость площади низового ландшафтного пожара от его продолжительности при разной степени зарастания травянистой растительностью

При высокой степени зарастания травянистой растительностью робиниевых лесных полос площадь низового пожара продолжительностью 360 минут может достигать 2,67 га (выгорает не менее 58,24 м³/га древесины), при средней – 2,52 га (до 22,40 м³/га), при низкой – 2,34 га (до 5,86 м³/га).

5 ЦЕННОСТЬ РЕСУРСОВ ПОЛЕЗАЩИТНЫХ ЛЕСНЫХ ПОЛОС В СВЯЗИ С ТРАВЯНИСТОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТЬЮ

Результаты расчёта общей ценности робиниевых лесных полос при разной степени зарастания травянистой растительностью представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Общая ценность полезащитных лесных полос при разной степени зарастания травянистой растительностью

| Степени зарастания травянистой растительностью | Прибыль от прибавки урожая, руб. | Нанесённый ущерб, руб. | | | Общая ценность, руб. |
|--|----------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|---------------------------|----------------------|
| | | потеря древесины при пожарах, руб. | выброс диоксида углерода, руб. | выгорание кислорода, руб. | |
| Низкая | 50748,90 | 3343,74 | 130,00 | 3,72 | 47271,44 |
| Средняя | 39039,85 | 12783,86 | 260,00 | 7,44 | 25988,55 |
| Высокая | 29274,95 | 33238,66 | 390,00 | 11,16 | -4364,87 |

Наибольшей ценностью (47271,44 руб./га) обладают насаждения с низкой степенью зарастания травянистой растительностью, при средней наблюдается снижение общей ценности лесополос до 25988,55 руб./га, при высокой степени зарастания травостоем отмечается неэффективность агролесомелиорации -4364,87 руб./га.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Согласно рабочей гипотезе, аридизация климата и опустынивание приводят к снижению продуктивности, изреживанию древостоя лесных полос, уменьшению его полноты и увеличению освещённости подпологового пространства. Это приводит к увеличению зарастания травянистой растительностью, что может оказывать влияние на состояние и ветровую тень лесополос. Травянистая растительность под пологом насаждений также оказывает влияние на распространение низовых пожаров в агролесоландшафтах степной зоны.

Установлена зависимость освещённости подпологового пространства от полноты робиниевых лесных полос. Максимальное значение освещённости (69-77 Лк) наблюдается при полноте насаждения 0,6-0,7, минимальная освещённость (61 Лк) – при полноте 0,8.

Основными видами подпологовой травянистой растительности робиниевых по-лезащитных лесополос степной зоны являются *Elitrigia repens* L. высотой 20-80 см, средней густотой 199 шт./м² (индекс доминирования 74 %.), *Poa pratensis* L. 25-32 см, 112 шт./м², *Dactylis glomerata* L. 25-65 см, 100 шт./м². Кроме того, встречаются такие виды, как *Phleum pratense* L., *Euphorbia esula* L., *Festuca pratensis* Н., *Convolvulus arvensis* L., *Artemisia vulgaris* L., *Koeleria pyramidata* L. Индекс видового сходства Сёренсена составляет 0,22-0,67.

Были установлены степени зарастания травянистой растительностью по-лезащитных лесополос. При низкой степени зарастания надземная фитомасса травянисто-го покрова составляет менее 254 г/м². Такой травостой формируется при полноте насаждения 0,8 и более, с фитонасыщенностью лесных полос от 0,613 кг/м³. Средняя степень зарастания травянистой растительностью характеризуется надземной фито-массой 255-304 г/м². Она свойственна для робиниевых лесополос с полнотой 0,7, фи-тонасыщенностью 0,603-0,613 кг/м³. В по-лезащитных лесных полосах с полнотой 0,6, фитонасыщенностью менее 0,603 кг/м³ отмечается высокая степень зарастания травя-нистой растительностью по-лезащитных лесополос – более 305 г/м². В условиях степ-ной зоны при наличии развитой подпологовой травянистой растительности робиния в по-лезащитных лесополосах-молодняках произрастает по I-II классу бонитета, в при-спевающих и средневозрастных – по III, в спелых и перестойных – по IV классу.

Установлена связь между жизненным состоянием робиниевых по-лезащитных лесных полос и надземной фитомассой подпологовой травянистой растительности. Так, насаждения с низкой степенью зарастания травянистой растительностью (до 254 г/м²) оцениваются, преимущественно, как здоровые (без признаков ослабления), при средней степени зарастания – ослабленные. Возрастание надземной фитомассы травянистого покрова до 305 г/м² и более (высокая степень зарастания) приводят к ухудшению состояния робиниевых лесных полос – сильно ослабленные, усыхающие.

Выявлено прямое и косвенное влияние подпологовой травянистой растительности на ветровую тень робиниевых полезащитных лесополос. Прямое влияние состоит в том, что при высокой и средней степени зарастания травостоем формируется его собственная ветровая тень, существенно уступающая ветровой тени древостоя. В первом случае ветровая тень травостоя достигает 10Н, во втором случае – 5Н. Травостои при низкой степени зарастания (до 254 г/м²) не образуют собственную локальную ветровую тень. Косвенное влияние заключается в том, что травянистая растительность, угнетая древостой, сокращает длину «древесной» ветровой тени. При высокой степени зарастания травянистой растительностью (более 305 г/м²) ветровая тень достигает 15Н, при средней степени – не более 20Н, при низкой степени зарастания травостоем составляет 26Н. Таким образом, зарастание подпологового пространства лесных полос травой снижает их общую ветровую тень.

Уточнено влияние подпологовой травянистой растительности полезащитных лесных полос на низовые пожары в агролесоландшафтах степной зоны. Так, при низкой степени зарастания травянистой растительностью (254 и менее г/м²) горят преимущественно сам травостой, опад, отдельные усохшие деревья. В лесополосе происходит локализация и существенное снижение скорости распространения пожара, отмечено слабое повреждение деревьев. Скорость распространения фронта огня до 1-2 м/мин. Выгорает до 5,86 м³/га мелкой деловой и дровяной древесины. При средней степени зарастания травянистой растительностью (255-304 г/м²) горит сам травостой, ослабленные и сухостойные деревья. Скорость распространения огня составляет 2-3 м/мин, при этом насаждения способны существенно её уменьшать. Количество жизнеспособных деревьев составляет более 10%. Выгорает до 22,40 м³/га мелкой деловой и дровяной древесины. При высокой степени зарастания лесных полос травянистой растительностью (305 и более г/м²) активно горит как древостой, так и сама травянистая растительность. Скорость распространения огня достигает 7-8 м/мин. Выгорает не менее 58,24 м³/га мелкой деловой и дровяной древесины.

Рассчитана ценность ресурса полезащитных лесных полос в связи с подпологовой травянистой растительностью с учётом прибыли от нормативной прибавки уро-

жая озимой пшеницы в установленных зонах мелиоративного влияния лесополос за вычетом ущербов от потерь древесины, выброса диоксида углерода и выгорания кислорода при низовых пожарах в степной зоне. Робиниевые лесополосы с низкой степенью зарастания травянистой растительностью (до 254 г/м²) наиболее ценны своим мелиоративным ресурсом при общей ценности 47271,44 руб./га. При средней степени зарастания (255-304 г/м²) ценность лесополос снижается до 25988,55 руб./га. Активное выгорание лесных полос с высокой степенью зарастания травостоем (305 г/м² и более), их низкая мелиоративная роль, делают такие насаждения экономически неэффективными (-4364,87 руб./га.).

РЕКОМЕНДАЦИИ ПРОИЗВОДСТВУ

Результаты исследований могут использоваться при проведении учёта (инвентаризации) мелиоративных защитных лесонасаждений на сельскохозяйственных землях.

Для увеличения ветровой тени полезащитных лесных полос и их противопожарной устойчивости в условиях степной зоны рекомендуется поддержание полноты не менее 0,7, а также окашивание опушек лесополос.

Производству предлагаются «Рекомендации по прогнозированию распространения пожаров в лесоаграрных ландшафтах степной зоны и оценке причинённого ущерба» (Танюкевич В.В. и др., 2019).

ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ

Результаты исследований позволят повысить эффективность агролесомелиорации в условиях степной зоны, а также разработать мероприятия по противопожарному обустройству полезащитных лесных полос.

Будет дано научное обоснование новому термину «фитонасыщенность подпологовой травянистой растительности», под которой понимается отношение её надземной фитомассы в абсолютно сухом состоянии к занимаемому объёму подпологового пространства насаждений.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ***Статьи в изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ***

1. **Хмелева Д.В.** Живой напочвенный покров робиниевых полезащитных лесополос Ростовской области / Н.Н. Дубенок, В.В. Танюкевич, **Д.В. Хмелева**, О.И. Доманина, Д.С. Скрынников // Научная жизнь. - 2018. - № 12. - С. 131-137.

2. **Хмелева Д.В.** Особенности низовых пожаров в агролесоландшафтах степного Придонья / В.В. Танюкевич, О.И. Доманина, С.В. Тюрин, **Д.В. Хмелева**, А.А. Кваша // Лесотехнический журнал. - 2019. - Т. 9, № 2 (34). - С. 97-106.

3. **Хмелева Д.В.** Продуктивность и природоохранная роль полезащитных лесонасаждений *Robinia pseudoacacia* L. Прикубанской равнины / В.В. Танюкевич, А.С. Рулев, В.В. Бородычев, С.В. Тюрин, **Д.В. Хмелева**, А.А. Кваша // Известия вузов. Лесной журнал. - 2020. - № 6. - С. 88-97.

4. **Хмелева Д.В.** К вопросу о проведении инвентаризации защитных лесных насаждений на землях сельскохозяйственного назначения (на примере Ростовской области) / Н.Н. Дубенок, В.В. Танюкевич, В.И. Михин, А.В. Кулик, **Д.В. Хмелева**, А.А. Кваша // Лесохозяйственная информация. - 2020. - № 4. - С. 61-71.

5. **Рябова Д.В.** Травянистая растительность полезащитных лесных полос (на примере Ростовской области) / **Д.В. Рябова** // Успехи современного естествознания. - 2022. - № 2. - С. 20-27.

Статьи в журнале на иностранном языке

6. **Khmeleva D.** Cultivation of the targeted forest plantations / О. Kunickaya, V. Tanyukevich, **D. Khmeleva**, A. Kulik, E. Runova, V. Savchenkova, A. Voronova, M. Lavrov // Journal of Environmental Treatment Techniques. - 2020. - Т. 8. - № 4. - С. 1385-1393.

Статьи в других изданиях:

7. **Хмелева Д.В.** Мелиоративная эффективность и природоохранная роль полезащитных насаждений (на примере Тарасовского района Ростовской области) / **Д.В. Хмелева**, В.Ю. Карасёва // Проблемы природоохранной организации ландшафтов: материалы Междунар. науч.-практ. конф. – Новочеркасск, 2017. - С. 422-425.

8. **Хмелева Д.В.** Мелиоративная эффективность полезащитных насаждений-горельников в степном Придонье / В.В. Танюкевич, О.И. Доманина, А.К. Кулик, **Д.В. Хмелева** // Мелиорация и водное хозяйство. Пути повышения эффективности и экологической безопасности мелиораций земель Юга России: материалы Всерос. науч.-практ. конф. – Новочеркасск : Лик, 2017. – Вып. 15, ч. 2. - С. 72-77.

9. **Хмелева Д.В.** Биомасса и мелиоративное влияние лесных полос агроландшафтов Ростовской области / В.В. Танюкевич, А.В. Носкина, **Д.В. Хмелева**, А.А. Кваша // Мелиорация и водное хозяйство: материалы Всерос. науч.-практ. конф. – Новочеркасск: Лик, 2018. – Вып. 16, ч. 2. - С. 113-119.

10. **Хмелева Д.В.** Живой напочвенный покров в робиниевых полезащитных лесонасаждениях / **Д.В. Хмелева**, С.В. Тюрин, В.В. Танюкевич // Экология и мелиорация агроландшафтов: перспективы и достижения молодых ученых : материалы VII Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых. – Волгоград, 2019. - С. 109-110.

11. **Хмелева Д.В.** Продуктивность и видовое разнообразие живого напочвенного покрова робиниевых лесонасаждений Ростовской области / В.В. Танюкевич, **Д.В. Хмелева**, А.В. Носкина, П.М. Лянгузов, В.В. Танюкевич // Мелиорация и водное хозяйство: материалы Всерос. науч.-практ. конф. с Междунар. участием, посвященной 130-летию со дня рожд. акад. Б.А. Шумакова. - Новочеркасск, 2019. – Вып. 17, ч. 2. - С. 91-95.

12. **Хмелева Д.В.** Влияние живого напочвенного покрова на ветровую тень робиниевых лесонасаждений Ростовской области / В.В. Танюкевич, **Д.В. Хмелева**, А.В. Носкина, В.В. Танюкевич // Мелиорация и водное хозяйство: материалы Всерос. науч.-практ. конф. с Междунар. участием. – Новочеркасск : Лик, 2019. – Вып. 17, ч. 2. - С. 95-98.

13. **Хмелева Д.В.** Травянистый покров в полезащитных лесных полосах степной зоны / В.В. Танюкевич, **Д.В. Хмелева**, А.В. Носкина // Лесная мелиорация и эколого-гидрологические проблемы Донского водосборного бассейна : материалы Национальной науч. конф. - Волгоград, 2020. - С. 140-143.

14. **Хмелева Д.В.** Видовое разнообразие и ветровая тень живого напочвенного покрова робиниевых полезащитных лесополос степной зоны / В.В. Танюке-

вич, **Д.В. Хмелева**, А.А. Кваша, Вал.В. Танюкевич // Лесное хозяйство: материалы докладов 84-й науч.-техн. конф., посвящ. 90-летнему юбилею БГТУ и Дню белорусской науки (с междунар. участием). – Минск, 2020. - С. 147-149.

Научно-практические рекомендации

15. **Хмелева Д.В.** Рекомендации по прогнозированию распространения пожаров в лесоаграрных ландшафтах степной зоны и оценке причинённого ущерба / В.В. Танюкевич, О.И. Доманина, С.В. Тюрин, А.А. Кваша, Д.С. Скрынников, **Д.В. Хмелева**. – НИМИ ДонГАУ. – Новочеркасск, 2019. - 13 с.