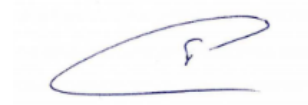


На правах рукописи



Тюрин Сергей Владимирович

**ВЕТРОРЕГУЛИРУЮЩАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ И ВЛИЯНИЕ НА
ЛАНДШАФТНЫЕ ПОЖАРЫ ЛЕСНЫХ ПОЛОС СТЕПНОЙ ЗОНЫ**

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 – 2021

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

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

Официальные оппоненты: **Маштаков Дмитрий Анатольевич**,
доктор сельскохозяйственных наук, доцент,
профессор кафедры «Лесное хозяйство и
ландшафтное строительство» ФГБОУ ВО
«Саратовский государственный аграрный
университет имени Н. И. Вавилова»

Шинкаренко Станислав Сергеевич,
кандидат сельскохозяйственных наук,
научный сотрудник отдела технологий
спутникового мониторинга ФГБУН
Институт космических исследований РАН

Ведущая организация: ФГБОУ ВО «Воронежский государственный
лесотехнический университет
им. Г.Ф. Морозова»

Защита состоится «10» июня 2021 г. в 10 часов 00 мин. 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, пр. 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 «__» _____ 2021 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета, к. с.-х. н.



А.Ш. Хужахметова

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. Общая площадь полезащитных насаждений России превышает 1 млн. га (Кулик К.Н. и др., 2008). В большей их части на протяжении последних 30 лет не проводились лесохозяйственные мероприятия, что привело к накоплению большого количества подпологовой мортмассы (сухостоя, валежника и опада), влияющей на мелиоративную эффективность лесополос. Это также влияет на пожарную ситуацию в агролесоландшафтах. Количество ландшафтных пожаров стабильно растет на протяжении 10 лет, особенно в Ростовской области с лесомелиоративным фондом 250 тыс. га (Танюкевич В.В. и др., 2018). Это определяет актуальность исследования в комплексе ветрорегулирующей эффективности и влияния на ландшафтные пожары лесных полос степной зоны.

Степень разработанности темы исследования. Основы агролесомелиорации, защитного лесоразведения заложены в работах Альбенского А.В. (1971), Арнольда Ф.К. (1893), Болотова А.Т. (1952), Высоцкого Г.Н. (1932), Докучаева В.В. (1895), Ломиковского Л.Я. (1837), Морозова Г.Ф. (1971), Панфилова Я.Д. (1936), Суса Н.И. (1948), Турского Г. (2006), Шатилова И.И. (2006) и др. Они получили своё развитие в трудах академиков Дубенка Н.Н. (2017), Кулика К.Н. (2008), Павловского Е.С. (1992), Петрова В.И. (1983), Рулева А.С. (2015), а также Барабанова А.Т. (1993), Гаршинева Е.А. (2002), Иволина В.М. (2011), Кретицина В.М. (2013), Кудряшова П.В. (1985), Манаенкова А.С. (2014), Михина В.И. (2012), Семенютиной А.В. (2007), Танюкевича В.В. (2011) и др.

Долгилевич М.И. (1982, 1991) впервые обратился к вопросу фитопродуктивности защитных лесонасаждений в мелиоративном контексте. Впоследствии идея мелиоративной роли фитомассы в агролесомелиорации была развита Новочеркасской научной школой в работах Танюкевича В.В. и Иволина В.М. (2013), Бабошко О.И. и др. (2014), в которых, на примере условий Ростовской области, была доказана зависимость ветрорегулирующей эффективности робиниевых полезащитных насаждений от их надземной фитонасыщенности.

Системные исследования мортмассы лесов проведены Замолодчиковым Д.Г. (2005), Кранкиной О.Н. и др. (1999), Курбановым Э.А. и др. (2001), Малышевой Н.А. и др. (2019), Трейфельдом Р.Ф. (2002), Усольцевым В.А. (1997) Швиденко А.З. (2009), Brown S. (1999), Gore A. (1986), Harmon M. (1991), Marland G. (1999) и др. В агролесомелиорации влияние соотношения фито- и мортмассы на ветрорегулирующую эффективность полезащитных насаждений ранее не рассматривалось.

Основы агролесомелиоративной (агролесоводственной) пирологии заложены в работах Дубенка Н.Н., Танюкевича В.В. и др. (2017, 2018). Доманина О.И. (2019) изучала влияние степных пожаров на продуктивность и мелиоративную роль робиниевых полезащитных насаждений степного Придонья. Влияние же растительной надземной мортмассы полезащитных насаждений на распространение низовых пожаров в агролесоландшафтах требует специального исследования.

Цели и задачи исследований, выполненных в Краснодарском крае и Ростовской области в 2016 – 2019 гг.:

- изучить закономерности роста, формирования надземной фито- и мортмассы чистых робиниевых (*Robinia pseudoacacia* L.) полезащитных насаждений, созданных по стандартной технологии, в условиях Прикубанской низменности;
- установить размеры ветровой тени, формируемой лесными полосами с разным соотношением надземной морт- и фитомассы;
- в условиях Доно-Донецкого лесомелиоративного района проанализировать влияние растительной мортмассы на распространение низовых пожаров в степных агролесоландшафтах;
- дать экономическую оценку робиниевым полезащитным насаждениям.

Научная новизна исследования. Впервые в агролесомелиорации показано влияние соотношения надземной морт- и фитомассы на ветрорегулирующую эффективность полезащитных насаждений. Установлено влияние мортмассы робиниевых лесополос на скорость распространения низовых пожаров в агролесоландшафтах степной зоны.

Теоретическая и практическая значимость работы. Установлены математические модели, с высокой точностью описывающие закономерности роста и формирования массы робиниевых насаждений. Получены регрессионные уравнения, описывающие скорость распространения низовых ландшафтных пожаров в связи с растительной мортмассой лесополос.

Практическая значимость работы заключается в установлении протяженности ветровой тени робиниевых полезащитных лесополос с различной мортмассой. Также совместно составлены «Рекомендации по прогнозированию распространения пожаров в лесоаграрных ландшафтах степной зоны и оценке причиненного ущерба» (Танюкевич В.В., Доманина О.И., Тюрин С.В. и др., 2019). Материалы диссертации успешно внедрены в учебный процесс ФГБОУ ВО Донской ГАУ, направления подготовки «Лесное дело» (35.03.01, 35.04.01), а также в ГКУ «Георгиевское лесничество» Ставропольского края, на площади 86,6 га.

Методология и методы исследований. Построены на научном системном подходе в агролесомелиоративной науке. Используются апробированные в лесной пирологии и полезащитном лесоразведении методики лабораторных и экспериментальных исследований. Математический анализ полученных данных осуществлялся с помощью программной системы «Statistica 13».

Положения, выносимые на защиту:

- закономерности роста, а также соотношения запасов морт- и фитомассы робиниевых полезащитных лесополос;
- размеры ветровой тени, формируемой полезащитными насаждениями разных возрастных групп с различным соотношением морт- и фитомассы;
- математические уравнения, описывающие скорость распространения низовых ландшафтных пожаров в зависимости от мортмассы робиниевых лесополос;
- экономическая оценка ресурсов полезащитных насаждений, характеризующихся различным соотношением морт- и фитомассы.

Степень достоверности и апробация результатов. Достоверность результатов диссертационного исследования подтверждается большим количе-

ством опытных участков, широким применением математического анализа экспериментальных данных. Апробация результатов научных исследований по теме диссертации проводилась на Международной научно-практической конференции в ФНЦ агроэкологии РАН (Волгоград, 2018 г.), а также на Всероссийской научно-практической конференции «Шумаковские чтения» (Новочеркасск, 2017).

Личный вклад. Автор диссертационной работы лично проработал 236 отечественных и зарубежных литературных источника, сформулировал тему, цели, задачи, методику исследований, обосновал выбор региона. Выполнены лесомелиоративные эксперименты на 20 опытных участках, а также лесопирологические исследования на 6 опытных участках. Исследована, в том числе лабораторно, мортмасса 100 модельных деревьев. Установлена граница ветровой тени лесополос с разной мортмассой. Дана экономическая оценка полезащитным насаждениям в связи с их мортмассой. Автор лично подготовил рукопись автореферата, диссертации, сформулировал рекомендации производству, перспективы дальнейшей разработки темы, а также заключение.

Публикации. Основное содержание диссертации опубликовано в 7 научных работах (общий объем 3,6 п. л.), в том числе с долей автора 1,8 п. л. В рецензируемых изданиях, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией, опубликовано 3 статьи, с участием автора 0,9 п. л. (одна из статей проиндексирована в МБД «WoS», ещё одна в МБД «Springer»). Имеется одна публикация в зарубежном издании, индексированная в МБД «Scopus» и «WoS» (участие автора 0,3 п. л.).

Структура и объём диссертации. Диссертация включает в себя введение, 5 глав, заключение, рекомендации производству, перспективы дальнейшей разработки темы, список литературы, насчитывающий 236 источников, в том числе 44 на иностранных языках, два приложения. Объём диссертационной работы – 169 страниц машинописного текста, 49 рисунков, 25 таблиц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

1 СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА

В главе на основе работ Лабазникова Б.В. (1975), Нетребенко В.Г. (2001), Танюкевича В.В., Иволина В.М. (2011) и др., справочных материалов проанализированы особенности лесомелиоративных комплексов степной зоны. В Краснодарском крае к 2013 г. площадь защитных насаждений на землях сельскохозяйственного назначения составляла 122778,5 га. Основная порода агролесомелиорации *Robinia pseudoacacia* L. Насаждения с её участием занимают 60162 га. Полезащитные (ветрорегулирующие) лесополосы создавались по стандартной для степной зоны технологии, как системы основных и вспомогательных насаждений с межполосным расстоянием 350-500 м и 1500-2000 м, со схемой посадки 3 м x 1 м и шириной, преимущественно 12-15 м. Защитная лесистость пашни в Краснодарском крае 2,9 %. До возраста 20 - 25 лет робиниевые насаждения имеют ажурную конструкцию, в дальнейшем лесополосы зарастают и захламбляются сухостоем, валежником, самосевом и приобретают плотную конструкцию. В Ростовской области подавляющая часть лесных полос также создана из робинии 116866,42 га, то есть 72 % от общей площади агролесомелиоративных насаждений региона. Защитная лесистость пашни 2,6 %.

Дана интерпретация теории адаптивной лесомелиорации (Иволин В.М., Танюкевич В.В., 2011), согласно которой жизнедеятельность растений, сопровождающаяся через поглощение энергии солнца и фотосинтез приростом фитомассы, обусловлена их адаптацией к факторам окружающей (природной) среды. Данное свойство растительных организмов изменяется со временем. Происходит процесс перехода фитомассы в мортмассу – возрастает количество сухостоя, опада, лесной подстилки под пологом лесных полос.

Мелиоративная роль надземной фитомассы полезащитных лесополос рассмотрена в работах Долгилевича М.И. и др. (1982, 1991), Танюкевича В.В. и Иволина В.М. (2014), Дубенка Н.Н. и др. (2017).

Мортмасса лесонасаждений рассматривается, преимущественно, в контексте проблемы CO₂ в работах Замолодчикова Д.Г. (2005), Кранкиной О.Н. и др. (1999), Кулика К.Н. и др. (2005), Курбанова Э.А. и др. (2001), Малышевой Н.А. и др. (2019), Усольцева В.А. (1988), М. Harmon (1991), Marland (1999) и др., а также в связи с почвенным плодородием – Кретицин В.М. (2013). Влияние мортмассы на формирование ветровой тени полезащитных лесонасаждений ранее в агролесомелиорации не рассматривалось.

Агролесомелиоративная пирология разработана Дубенком Н.Н., Танюкевичем В.В., Доманиной О.И. др. (2018, 2019), однако пирологическая роль ветровой тени и древесной мортмассы требуют уточнения.

Современные подходы в экономической оценке ресурсов лесных полос строятся на принципах, заложенных в отечественных работах по экономике агролесомелиорации, опираются на рекомендации ООН (Ивонин В.М., Танюкевич В.В., 2011 и др.; Трибунская В.М., 1990). Роль мортмассы полезащитных насаждений в экономическом контексте требует уточнения.

2 РЕГИОН, ПРОГРАММА И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ


Описаны природно-климатические условия региона исследований 2016 – 2019 гг. - степной (северной) части Краснодарского края и юго-западной части Ростовской области (рисунок 1).

Проработка 1 вопроса «*Изучение закономерностей роста, формирования фитомассы и мортмассы робиниевых полезащитных насаждений*» осуществлялась в границах степной зоны, Предкавказской провинции, Приазовского района, подрайон I (ВНИАЛМИ, 2006). Объект исследований - пятирядные полезащитные насаждения, чистые по составу, из *Robinia pseudoacacia* L., созданные по стандартной для степной зоны технологии.

По данным агролесомелиоративного устройства («Воронежлеспроект», «Краснодарлес», ВНИАЛМИ, 2008, 2015) в Выселковском, Кореновском и Ейском административных районах были отобраны 20 модальных лесных полос с



Условные обозначения:

 - исследуемые защитные насаждения

① - № опытного участка, пробной площади

Рисунок 1 – Регион исследований (на основе <https://yandex.ru/maps>)

закладкой пробных площадей тренировочного типа (таблица 1). Определяли таксационные показатели, состояние насаждений по Кудряшову П.В. и др. (1985). Для исследования хода роста стволов породы (Изюмский П.П., 1972) было отобрано 20 модельных деревьев. Модели для определения надземной фитомассы (ствол в коре, ветви, древесная зелень) отбирали в каждом из рядов лесополосы. Масса фракций устанавливалась в сырораствующем состоянии с точностью до 100 г, в абсолютно сухом состоянии - термовесовым методом. Фитонасыщенность полевых лесополос рассчитывали, как отношение их надземной фитомассы к объёму надземной части.

Растительную мортмассу разделяли на сухостой, валежник и лесную подстилку. Учет сухостоя проводился на пробных площадях методом сплошного таксационного перечёта. С целью установления его мортмассы в центральном и опушечном ряду отбирали модели (45 экз.), которые распиливались и частями взвешивались на электронных весах. Массу валежника устанавливали методом сплошного учета на пробных площадях с последующим взвешиванием. Масса лесной подстилки устанавливалась на учётных площадках размером 1 м x 1 м (всего 40 шт.), которые закладывались в центре насаждения и в опушечном ряду. Абсолютно сухая мортмасса определялась термовесовым методом. Фитонасыщенность, формируемая мортмассой, определялась, как и в случае с фитонасыщенностью фитомассы. Полученные данные использовали для расчёта отношения надземной мортмассы к надземной фитомассе (K_m).

При проработке *второго вопроса «Ветрорегулирующая эффективность и влияние на ландшафтные пожары полевых защитных робиниевых насаждений»* протяжённость ветровой тени полевых защитных насаждений исследовали на межполосных полях опытных участков №№ 1 – 20, где были заложены условные профили, ориентированные перпендикулярно, по отношению к лесополосам с различной фито- и мортмассой. Замеры скоростей (м/с) ветра выполняли метеостанцией DAVIS Vantage Pro2 6152CEU, на расстоянии, кратном 1Н, 2Н, 5Н, 10Н, 20Н, 30Н и 35Н (контроль), в 5-кратной повторяемости. Протяжённость ветровой тени устанавливали графическим способом (Ивонин В.М., Пеньковский Н.Д., 2003).

Таблица 1 –Характеристика полезащитных (ветрорегулирующих) лесных полос

№ опытного участка и пробной площади	Инвентарное описание лесополосы			Площадь лесополосы, га	Средние показатели древостоя			
	№ контура	№ страницы инвен- таризационного опи- сания	№ строки в инвента- ризационном описании		возраст, лет	высота, м	диаметр стволов, см	запас, м ³ /Га
1	29	21	43	1,4	14	7,9	4	16,2
2	30	21	44	1,3	16	6,8	4	13,9
3	37	22	53	0,4	14	5,0	4	10,3
4	103	38	172	0,7	19	6,1	4	12,7
5	28	178	17	0,3	19	5,4	4	11,5
6	18	64	18	1,1	39	12,3	16	175,5
7	19	64	19	1,1	40	13,6	15	214,3
8	20	131	19	0,8	39	13,5	18	340,1
9	129	50	172	1,0	40	13,9	19	344,8
10	132	51	174	1,4	39	14,1	19	354,0
11	7	12	7	2,1	59	13,4	19	302,7
12	9	13	9	2,7	59	13,7	20	345,8
13	23	14	23	2,0	60	13,5	19	292,9
14	25	15	25	1,9	60	14,0	19	341,9
15	27	15	27	1,8	60	15,0	19	327,1
16	103	175	103	1,4	69	14,3	20	199,3
17	106	176	107	1,7	69	15,3	29	433,2
18	100	99	98	2,1	62	12,2	28	361,1
19	102	175	103	1,7	70	14,4	27	327,4
20	77	44	129	2,8	65	13,6	26	348,2

Исследования распространения низовых пожаров проводили на территории Ростовской области, Доно-Донецкий лесомелиоративный район, на опытных участках №№ 21 – 26, заложенных по принципу «агроландшафт – полезавитная лесополоса системы». Метеоусловия в момент возгораний устанавливали по данным ближайшей метеостанции в г. Таганрог. Класс пожарной опасности (КПО) определяли по Щетинскому Е.А. (2011), вид пожара - в соответствии с приказом Рослесхоза № 53 от 03.04.98 г. Площади каждого из 6 изученных пожаров устанавливали по приказу Министерства природных ресурсов № 275 от 23.06.2014 г., с учётом классификации Валендика Э.Н. и др. (1990). Скорость распространения низового огня определяли как при тушении пожаров, используя приказ Рослесхоза № 53 от 03.04.98, так и с использованием «ИСДМ-Рослесхоз». Горючая мортмасса лесополос опытных участков исследовалась на 6 пробных площадях по методике, описанной в 1 программном вопросе. Состав лесонасаждений 10Рб; класс возраста IV; конструкция – плотная; количество рядов 4; ширина 12 м, класс состояния II. Средние таксационные показатели: высота стволов $10,5 \pm 0,5$ м; диаметр 11 ± 1 см; запас 64 ± 2 м³/га. Живой напочвенный покров с различной мортмассой исследовали на учетных площадках (1 м x 1 м), заложенных в трехкратной повторности, в каждой из лесополос. Масса пожнивных остатков и травостоя межполосного поля определялась на учетных площадках в 1 м². Пирогенные повреждения насаждений определяли в год пожара, принимая за основу классификацию гарей Мелехова И.С. (2007), адаптированную к полевзащитным лесополосам (Дубенок Н.Н. и др., 2017).

В ходе работы над *третьим вопросом «Экономическая ценность робиниевых полевзащитных насаждений»* ценность мелиоративных (прибавка урожая сельскохозяйственных культур, на примере озимой пшеницы) и продуктивных (запас древесины) ресурсов робиниевых лесных полос с различным соотношением морт- и фитомасс определяли с использованием методов косвенной и прямой оценки, основанной на принципах, рекомендованных ООН, адаптированных к условиям России (Ивонин В.М., Танюкевич В.В., 2011; Трибунская В.М., 1990 и др.).

3 ИЗУЧЕНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ РОСТА, ФОРМИРОВАНИЯ ФИТОМАССЫ И МОРТМАССЫ РОБИНИЕВЫХ ПОЛЕЗАЩИТНЫХ НАСАЖДЕНИЙ

В условиях Прикубанской равнины робиниевые полезащитные лесополосы - молодняки растут по I классу бонитета, средневозрастные и приспевающие насаждения - по III, спелые и перестойные лесные полосы - по IV бонитету. Активный рост ствола робинии прекращается в спелых и перестойных насаждениях (61 год – 70 лет), достигнув предельных значений по высоте 14,5 м, по диаметру 24 см. Получено уравнение связи запаса древостоя (M , м³/га) с возрастом робиниевых лесополос, A , лет (1):

$$M = -0,03 A^2 + 6,7 A \text{ при } R^2 = 0,721, \quad (1)$$

Насаждения характеризуются следующим запасом жизнедеятельного древостоя: молодняки 122 м³/га; средневозрастные 260 м³/га; приспевающие 294 м³/га; спелые и перестойные 322 м³/га.

Выявлена зависимость, характеризующая изменение процента здоровых деревьев ($N_{\text{здор}}$, %) с возрастом насаждений (2):

$$N_{\text{здор}} = -1,18 A + 103,93 \text{ при } R^2 = 0,874, \quad (2)$$

По шкале Кудряшова П.В. и др. (1985) можно отметить, что молодняки принадлежат к I классу состояния, средневозрастные – II класс, приспевающие – III, спелые и перестойные IV класс.

Получено уравнение, описывающее зависимость надземной фитомассы (Φ_m , т/га) от возраста робиниевых лесополос (3):

$$\Phi_m = -0,21 A^2 + 21,23 A - 275,02 \text{ при } R^2 = 0,845, \quad (3)$$

Наибольшая надземная фитомасса характерна для средневозрастных лесных полос - 262 т/га. В возрасте 86 лет фитомасса робиниевых насаждений приблизится к нулю, то есть заменится мортмассой.

Тренд, указывающий на наиболее продуктивную средневозрастную группу робиниевых насаждений, был выявлен для древесной зелени (D_z , т/га), (4):

$$D_z = -0,0064 A^2 + 0,57 A - 4,81 \text{ при } R^2 = 0,611, \quad (4)$$

Максимальная масса древесной зелени установлена для средневозрастных насаждений – 7,9 т/га. В возрасте 80 лет масса древесной зелени приблизится к нулю, что указывает на возраст полной деградации таких лесополос в условиях региона исследований.

Установлена зависимость, описывающая связь фитонасыщенности ($\Phi_{\text{фм}}$, кг/м³), формируемой фитомассой полезащитных насаждений, с их возрастом (5):

$$\Phi_{\text{фм}} = -0,0015 A^2 + 0,15 A - 1,87 \text{ при } R^2 = 0,854, \quad (5)$$

В возрасте 50 лет фитонасыщенность робиниевых насаждений достигнет максимума - 1,9 кг/м³. Согласно прогнозу, в возрасте 85 лет фитонасыщенность робиниевых полезащитных лесополос, формируемая «живой» фитомассой приблизится к нулю, что может указывать, как и в случае с зависимостями (3) – (4), на возраст естественной деградации насаждений. Данные закономерности могут являться научным обоснованием полной реконструкции таких лесополос.

Получены уравнения линейной связи массы сухостоя ($C_{\text{ух}}$, т/га), валежника ($В_{\text{ал}}$, т/га) с возрастом (A , лет) робиниевых полезащитных лесных полос (6) – (7):

$$C_{\text{ух}} = 0,54 A - 8,8 \text{ при } R^2 = 0,743, \quad (6)$$

$$В_{\text{ал}} = 0,65 A - 15,8 \text{ при } R^2 = 0,556, \quad (7)$$

Масса сухостоя и валежника увеличивается с возрастом, достигая максимальных значений в 70 лет (соответственно, 29 т/га и 29,7 т/га).

Зависимость массы лесной подстилки ($Л_{\text{п}}$, т/га) от возраста насаждений имеет вид (8):

$$Л_{\text{п}} = 5E-06 A^{3,3} \text{ при } R^2 = 0,897, \quad (8)$$

Максимальная масса лесной подстилки (6,13 т/га) характерна для лесополос спелой и перестойной группы возраста.

Проанализирована динамика надземной мортмассы ($М_{\text{орт}}$, т/га) робиниевых полезащитных насаждений, зависимость (9):

$$М_{\text{орт}} = 7E-06 A^{3,82} \text{ при } R^2 = 0,944, \quad (9)$$

Линия тренда указывает на максимальное значение мортмассы в спелом возрасте лесополос (70 лет) – 78,2 т/га.

Регрессионный анализ экспериментальных данных позволил дать оценку общей массы ($M_{\text{общ}}$, т/га) исследуемых насаждений с учётом их возраста, (10):

$$M_{\text{общ}} = 4,69 A \text{ при } R^2 = 0,710, \quad (10)$$

Общая масса молодняков – 94 т/га; средневозрастных лесополос – 235 т/га; приспевающих – 282 т/га; спелых и перестойных насаждений – 329 т/га.

Математический анализ данных по общей фитонасыщенности насаждений ($\Phi_{\text{общ}}$, кг/м³), а также по фитонасыщенности, формируемой мортмассой ($\Phi_{\text{морт}}$, кг/м³), позволил получить уравнения (11) и (12):

$$\Phi_{\text{общ}} = 0,0022 A^{1,7} \text{ при } R^2 = 0,846, \quad (11)$$

$$\Phi_{\text{морт}} = 3E-07 A^{3,4} \text{ при } R^2 = 0,937, \quad (12)$$

Максимальная «мертвая» фитонасыщенность свойственна спелым и перестойным робиниевым насаждениям, она достигает 0,56 кг/м³.

Увеличение растительной мортмассы связано с биологическим процессом наращивания фитомассы лесными насаждениями в результате фотосинтеза. Количество мертвой массы относительно массы живой увеличивается с возрастом древостоя в результате его естественного старения, а также под влиянием абиотических (аридизация климата) и биотических (конкуренция растений в насаждении, обусловленная его густотой) факторов. Это обосновывает необходимость соотношения двух масс – мортмассы ($M_{\text{морт}}$, т/га) и фитомассы ($\Phi_{\text{м}}$, т/га) в виде соответствующего коэффициента мортмассы $K_{\text{м}}$:

$$K_{\text{м}} = \frac{M_{\text{морт}}}{\Phi_{\text{м}}}, \quad (13)$$

У молодняков значение этого коэффициента будет стремиться к нулю, так как количество органических остатков в молодых здоровых насаждениях минимально; практически вся лесополоса сформирована живой массой. По мере старения насаждений значение коэффициента будет расти. В спелом и перестойном возрасте значение $K_{\text{м}}$ может превышать 1, что является научным обоснованием назначения хозяйственных распоряжений: рубок ухода, очистки от захламленности, полной реконструкции насаждений и др. Изменение $K_{\text{м}}$ с возрастом описывается уравнением (14):

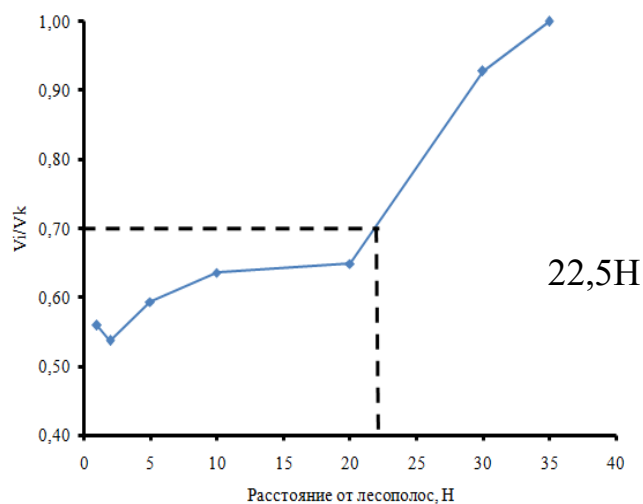
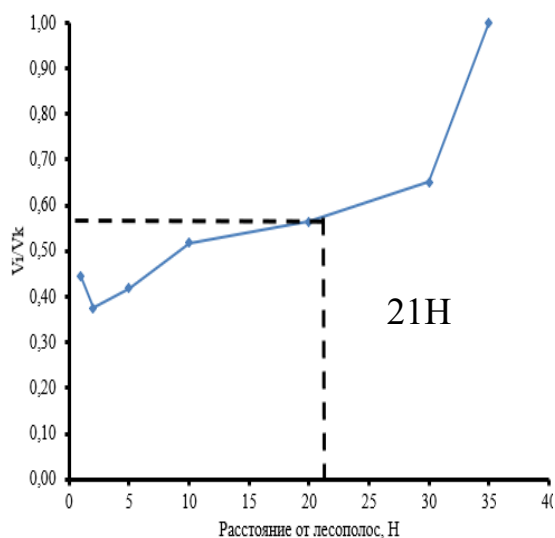
$$K_M = 0,0001 A^{1,8} \text{ при } R^2 = 0,857, \quad (14)$$

Для робиниевых лесополос были установлены следующие значения K_M : молодняки 0,02; средневозрастные насаждения 0,08; приспевающие 0,16; спелые и перестойные 0,21.

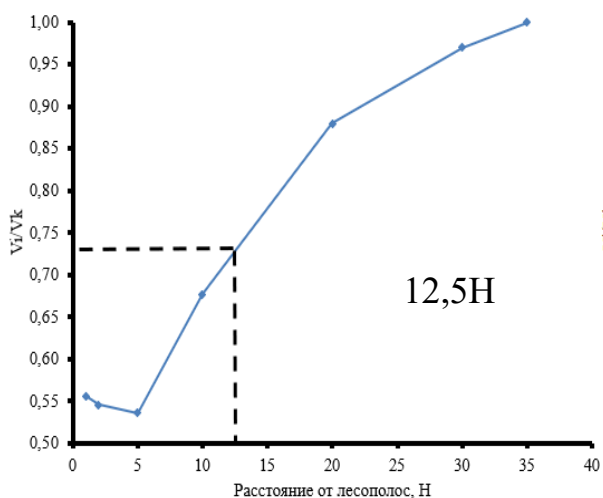
4 ВЕТРОРЕГУЛИРУЮЩАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ И ВЛИЯНИЕ НА ЛАНДШАФТНЫЕ ПОЖАРЫ ПОЛЕЗАЩИТНЫХ РОБИНИЕВЫХ НАСАЖДЕНИЙ

Мортмасса лесополос существенно влияет на их ветровую тень (рисунок 2).

Лесные полосы – молодняки ($K_M = 0,02$) Средневозрастные лесополосы ($K_M = 0,08$)



Приспевающие лесополосы ($K_M = 0,16$)



Перестойные лесополосы ($K_M = 0,21$)

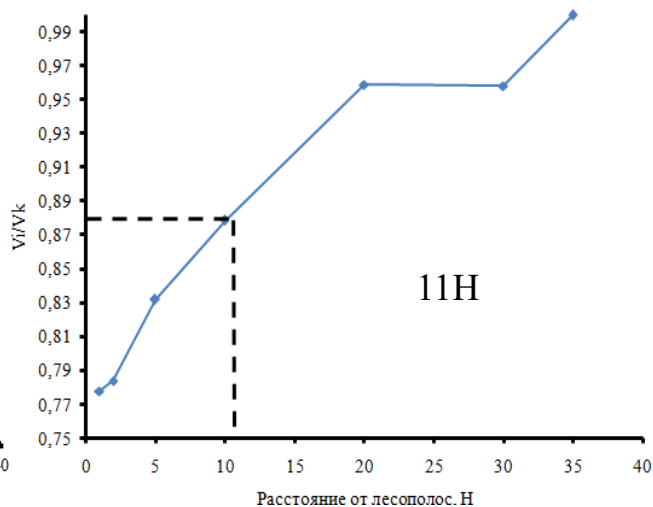


Рисунок 2 – Ветровая тень полезащитных лесополос с различным соотношением морт- и фитомасс (Дубенок Н.Н., Танюкевич В.В., Тюрин С.В., 2017)

Полезащитные лесные полосы – молодняки, со средней мортмассой 0,2 т/га ($K_m = 0,02$) формируют ветровую тень, протяжённость которой составляет 21Н; средневозрастные насаждения, со средними мортмассой 15,7 т/га и $K_m = 0,08$ имеют ветровую тень, протяжённостью 22,5Н; приспевающие лесные полосы со средней мортмассой 30,1 т/га ($K_m = 0,16$), создают ветровую тень 12,5Н; спелые и перестойные насаждения со средней мортмассой 71,6 т/га и $K_m = 0,21 - 11Н$.

Данная особенность объясняется тем, что с изменением доли мортмассы в насаждениях меняется и качество их фитонасыщенности: «живая» фитонасыщенность, имеющая в своём составе древесную зелень, формирующая конструкцию, замещается «мертвой» фитонасыщенностью (мортмассой), не имеющей древесной зелени, с большей ветропроницаемостью.

Мортмасса в полезашитных лесополосах выполняет прямую (дополнительное горючее) и косвенную (влияние на низовой огонь через ветровую тень, рисунок 2) пирологическую роль. Характеристика природных условий, а также изученных низовых ландшафтных пожаров, показана в таблице 2.

Анализ экспериментальных данных позволил получить зависимость скорости движения фронта низового пожара под пологом робиниевых полезашитных лесонасаждений ($V_{нп}$, м/мин) от надземной растительной мортмассы (Морт, т/га) (15), рисунок 3: $V_{нп} = 0,009 \text{ Морт}^{2,2}$ при $R^2 = 0,922$, (15)

В типичных погодных условиях пожароопасного сезона в степной зоне, при мортмассе до 9 т/га, под пологом лесополос развиваются слабые низовые пожары со скоростью движения фронта до 1 м/мин. Средние по скорости пожары (1 – 3 м/мин) протекают в робиниевых лесополосах с мортмассой до 14 т/га. При больших запасах растительного горючего вещества развиваются сильные (более 3 м/мин) низовые ландшафтные пожары.

Таблица 2 – Характеристика исследованных низовых ландшафтных пожаров в Неклиновском и Матвеево – Курганском районах Ростовской области (Танюкевич В.В., Доманина О.И., Тюрин С.В. и др., 2019)

№ опыт- ного участка инв. № лесо- полосы	Дата и время воз- горания	Условия возникновения и протекания пожара			Скорость распространения пожара, м/мин				Площадь низового ланд- шафтного пожара, га
		погодные условия	горючий материал		в ле- сопо- лосе	на межполосном поле			
			мортмас- са лесо- полосы, т/га	травянистая рас- тительность и пожнивные остатки межпо- лосного поля, г/м ²	фронт	фронт	флан- ги	тыл	
21/30	29.07.16	КПО IV; ветер северо-восточный 5,2 м/с	7,8	270	1,0	3,5	1,3	0,5	20,92
22/36	25.08.16	КПО IV; ветер восточный 5,3 м/с	8,0	302	1,0	3,6	1,3	0,5	9,3
23/20	1.08.16	КПО III; ветер восточный 5 м/с	18,3	290	7,0	4,4	1,7	0,6	13,09
24/23	3.08.17	КПО IV; ветер юго-восточный 5-6 м/с	19,4	280	8,0	4,1	1,6	0,6	14,98
25/8	15.06.16	КПО IV; ветер восточный 4-5 м/с	13,0	290	2,0	3,8	1,4	0,5	20,19
26/24	12.07.16	КПО IV; ветер юго-восточный 4-4,5 м/с	13,4	311	2,0	3,2	1,3	0,5	18,23

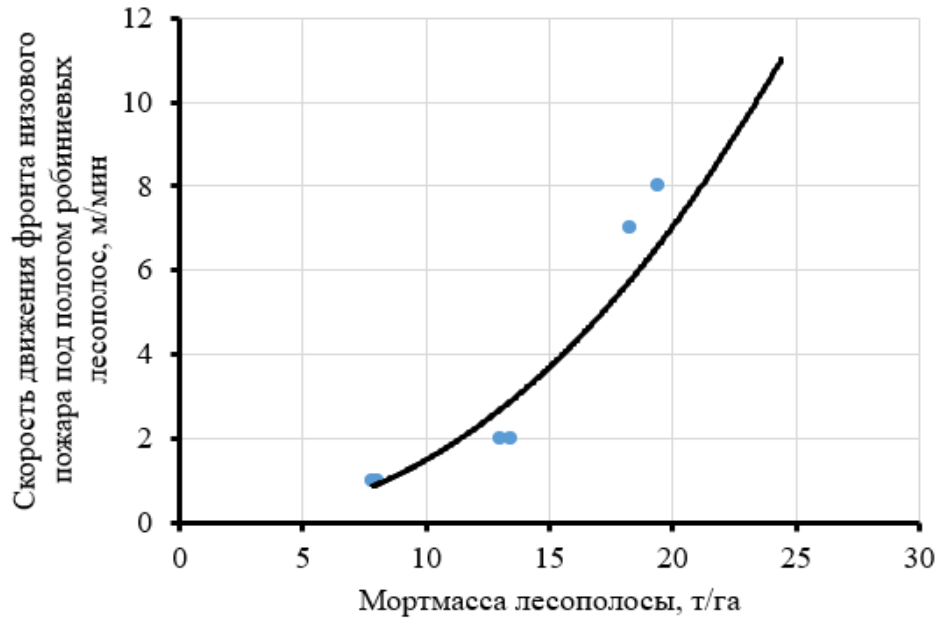


Рисунок 3 -Зависимость скорости движения фронта низового пожара под пологом робиниевых полезащитных лесонасаждений от их мортмассы (КПО III – IV, скорость ветра 4 – 6 м/с)

Получена связь между надземной мортмассой робиниевых полезащитных насаждений (Морт, т/га) и скоростью распространения фронта низового пожара в агролесоландшафте ($V_{\text{Анлп}}$, м/мин) (16), рисунок 4:

$$V_{\text{Анлп}} = 0,7 \ln(\text{Морт}) + 1,95 \text{ при } R^2 = 0,495, \quad (16)$$

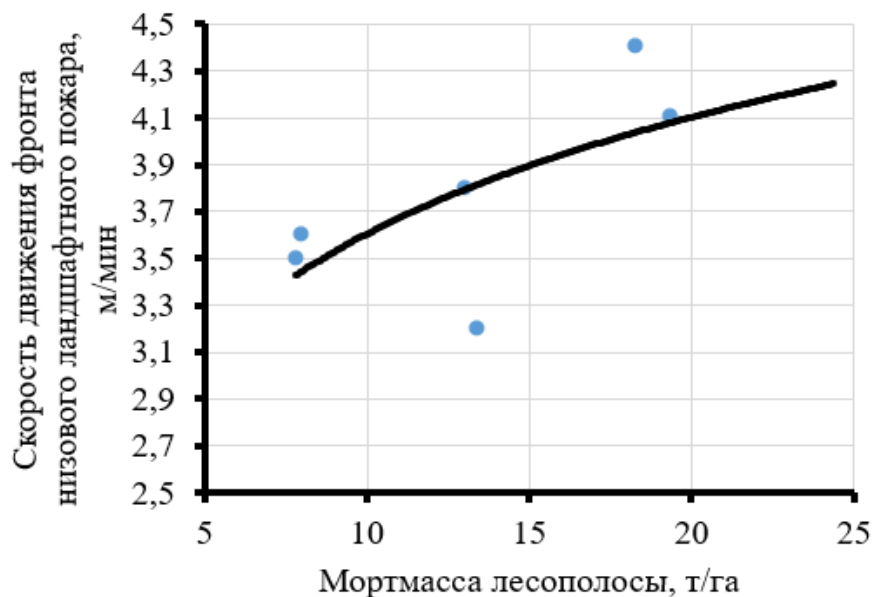


Рисунок 4 – Зависимость средней скорости движения фронта низового пожара в агролесоландшафте от мортмассы робиниевых полезащитных насаждений (КПО III – IV, скорость ветра 4 – 6 м/с)

Увеличение мортмассы полезащитных насаждений способствует возрастанию средней скорости распространения низового огня во всём агролесоландшафте. При мортмассе 10 т/га указанный показатель превышает значение 3,5 м/мин, при 20 т/га – 4,1 м/мин.

5 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЦЕННОСТЬ РОБИНИЕВЫХ ПОЛЕЗАЩИТНЫХ НАСАЖДЕНИЙ

Из главы следует, что общая ценность ресурсов робиниевых лесополос, определяемая их мортмассой, составляет: молодняки 28,8 тыс. руб./га; средневозрастные насаждения 121,1 тыс. руб./га; приспевающие лесополосы 89,6 тыс. руб./га; спелые и перестойные насаждения 84,5 тыс. руб./га. Робиниевые молодняки ($K_m = 0,02$) ценны только своим мелиоративным ресурсом - 36784 руб./га. Ценность того же ресурса у средневозрастных насаждений ($K_m = 0,08$) составляет 85,8 тыс. руб./га, ресурс продуктивности оценивается при этом 35,3 тыс. руб./га. Приспевающие лесополосы при $K_m = 0,16$ характеризуются ценностью обозначенных ресурсов в размере 49,0 тыс. руб./га и 40,6 тыс. руб./га соответственно, спелые и перестойные ($K_m = 0,21$) 43,5 тыс. руб./га и 41,0 тыс. руб./га. Максимальный ущерб окружающей среде наносят пожары в приспевающих и перестойных лесных полосах: при выгорании мортмассы экологии причиняется ущерб, соответственно, 124 руб./га - 296 руб./га.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Ветрорегулирующую эффективность робиниевых полезащитных лесных полос исследовали в 2016 – 2019 гг. в Предкавказском лесомелиоративном районе, в Приазовском подрайоне (север Краснодарского края), на 20 опытных участках, заложенных по принципу «полезащитная лесополоса – межполосное поле». В регионе исследований робиниевые лесополосы занимают площадь 60162 га, что составляет около 49 % от общей площади агролесомелиоративных насаждений. Насаждения создавались по стандартной для степной зоны технологии и являлись элементом лесомелиоративной системы, состоящей из основных и вспомогательных лесополос с

межполосным расстоянием, соответственно, 350 м – 500 м и 1500 м - 2000 м. Основные (ветрорегулирующие) лесонасаждения размещены перпендикулярно по отношению к преобладающим ветрам восточного румба. Посадку пятирядных полос проводили стандартными сеянцами, по схеме 3 м x 1 м, чистыми рядами.

Лесополосы I - II классов возраста распространены в регионе исследований на площади 421,1 га, III класса – 2286,2 га, IV – 1925,2 га, V класса – 16604,7 га, VI класса – 8242,2 га, VII – 30682,6 га. Молодняки имеют ажурную конструкцию, в более старшем возрасте насаждения уплотняются и зарастают за счет вегетативной поросли в закрайках и междурядьях, захламления сухостоем, валежником. Среднее значение защитной лесистости пашни составляет 2,9 %.

Робиниевые полезащитные (ветрорегулирующие) лесополосы - молодняки характеризуются I классом бонитета, средневозрастные и приспевающие - III, спелые и перестойные насаждения - IV классом. Активный рост ствола робинии ложноакациевой в степной части Краснодарского края прекращается в 61 год – 70 лет, достигнув максимальных значений по высоте 14,5 м, по диаметру 24 см. Молодняки (I класс состояния) достигают запаса 122 м³/га; средневозрастные лесополосы (II класс) 260 м³/га; приспевающие насаждения (III класс) 294 м³/га; спелые и перестойные (IV класс состояния) 322 м³/га.

Надземная фитомасса робиниевых лесополос формируется за счёт фракций ствола, ветвей и древесной зелени. У молодняков она варьирует от 9,5 т/га до 14,9 т/га, с распределением по фракциям, соответственно, 84%, 11% и 5%. Фитонасыщенность 0,2 кг/м³. Фитомасса средневозрастных насаждений 152 т/га - 302 т/га (ствол 83%; ветви 14%; древесная зелень 3%), фитонасыщенность 1,2 кг / м³ – 2,1 кг / м³. Фитопродуктивность приспевающих лесополос 233,9 т/га - 280 т/га, в том числе ствол 81%; ветви 16%; древесная зелень 3%, фитонасыщенность 1,7 кг/м³ - 2,0 кг/м³. В группе спелых и перестойных насаждений надземная фитопродуктивность 130,1 т/га - 252 т/га, в том числе ствол 80%, ветви – 19%, древесная зелень – 1%; фитонасыщенность 0,9 кг/м³ – 1,9 кг/м³.

Мортмассу робиниевых полезащитных лесных полос формируют сухостой, валежник и лесная подстилка. Лесополосы I класса состояния (молодняки) имеют

мортмассу 0,13 т/га – 0,318 т/га; II класса (средневозрастные) - от 7,9 т/га до 19,7 т/га; III класса состояния (приспевающие) 27,1 т/га – 34,7 т/га; насаждения IV класса (спелые и перестойные насаждения) 43,8 т/га – 99,8 т/га. В молодняках основная часть мортмассы приходится на сухостой (77%) и лесную подстилку (21%), в средневозрастных и приспевающих насаждениях преобладает сухостой (80% - 67%) и валежник (12% - 24%). Масса валежника является доминирующей в перестойных лесополосах, достигая 49%, мортмасса сухостоя при этом не превышает 41%. Увеличение с возрастом доли мортмассы в общей структуре массы лесных полос связано с естественным старением древостоя, с влиянием аридизации климата, конкуренции растений в насаждении. Мортмасса формирует «мертвую» фитонасыщенность, достигающую 0,5 кг/м³ у спелых и перестойных лесополос.

Предложено описывать изменения масс в лесных полосах с возрастом коэффициентом мортмассы K_m . Для робиниевых лесополос характерны следующие средние значения K_m : молодняки 0,02; средневозрастные насаждения 0,08; приспевающие 0,16; спелые и перестойные 0,21. Значение $K_m = 1$ может являться научным обоснованием реконструкции насаждений.

Установлено, что наибольшая (22,5Н) протяжённость зоны мелиоративного влияния (ветровая тень) формируется под воздействием полезащитных средневозрастных робиниевых лесополос со средней мортмассой 15,7 т/га, $K_m = 0,08$. Наименьшее значение относительной протяженности ветровой тени (до 11Н) у перестойных защитных лесонасаждений с мортмассой 71,6 т/га, $K_m = 0,21$. Молодняки со средней мортмассой 0,2 т/га ($K_m = 0,02$) формируют ветровую тень, протяженностью 21Н. Приспевающие лесополосы с $K_m = 0,16$ и мортмассой 30,1 т/га существенно влияют на ветровой поток в зоне 12,5Н. Это обусловлено замещением фитонасыщенности, имеющей в своём составе древесную зелень и формирующую конструкцию, мортмассой, с большей ветропроницаемостью.

Влияние насаждений на распространение низовых ландшафтных пожаров изучали в 2016 – 2017 гг. в Доно – Донецком лесомелиоративном районе, Ростовская область. Мортмасса в полезащитных лесополосах выполняет прямую (дополнительное горючее) и косвенную (влияние на низовой огонь через ветровую тень) пиролю-

гическую роль. Под пологом робиниевых лесополос с мортмассой менее 9 т/га (повреждаются огнем в слабой степени) развиваются слабые низовые пожары со скоростью движения фронта до 1 м/мин. В робиниевых лесополосах с мортмассой до 14 т/га (повреждаются в средней степени), протекают средние по скорости пожары (1 – 3 м/мин). При больших запасах мортмассы в насаждениях (сильные пирогенные повреждения) развиваются сильные по скорости (более 3 м/мин) низовые пожары.

Средняя скорость продвижения фронта низового пожара во всем агролесоландшафте также связана с мортмассой полезащитных лесополос. При мортмассе 15,7 т/га указанный показатель не превысит значения 3,9 м/мин, при 20 т/га – 4,1 м/мин. Это объясняется дополнительным тепловыделением при горении самого насаждения, а также турбулентными процессами в границах его ветровой тени (до 22,5Н). Установлено, что средневозрастные полезащитные лесополосы с $K_m = 0,08$ способны снижать скорость движения фронта низового пожара более чем на 50 % на расстоянии от наветренной опушки до 30 м.

Основную ценность робиниевых лесных полос региона исследований представляет мелиоративный ресурс. У молодняков ($K_m = 0,02$) при общей ценности 1 га 28,9 тыс. руб. на него приходится 100 % стоимости. Ценность средневозрастных насаждений ($K_m = 0,08$) 121,1 тыс. руб. / га, при этом на мелиоративный ресурс приходится 71 %. Приспевающие лесные полосы ($K_m = 0,16$) характеризуются ценностью 1 га в размере 89,6 тыс. руб., из них 55 % - мелиоративные ресурсы. Спелые и перестойные насаждения ($K_m = 0,21$) характеризуются общей экономической ценностью 84,5 тыс. руб. га, в том числе ценность древесины 1 га составляет 41,3 тыс. руб. (48 %). Наибольший ущерб окружающей (природной) среде наносят пожары в приспевающих, а также спелых и перестойных лесных полосах. При выгорании мортмассы на 1 га таких насаждений экологии наносится ущерб от 124 руб. до 296 руб. соответственно.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПРОИЗВОДСТВУ

Лесохозяйственным и аграрным предприятиям Ростовской области и Краснодарского края для повышения устойчивости и мелиоративной эффективности робиниевых полезащитных насаждений рекомендовано проведение

лесовозобновительных рубок в возрасте от 40 до 60 лет, а также поддержание мортмассы в количестве не более 15,7 т/га.

Предлагаются к применению совместно разработанные «Рекомендации по прогнозированию распространения пожаров в лесоаграрных ландшафтах степной зоны и оценке причиненного ущерба» (Танюкевич В.В., Доманина О.И., Тюрин С.В. и др., 2019).

ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ

Дальнейшая разработка поставленной проблемы позволит усовершенствовать технологии агролесомелиоративных работ, а также дать оценку природоохранной роли полезащитных насаждений в контексте круговорота углерода в агролесоландшафтах степной зоны Европейской части России.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи в изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ

1. **Тюрин С.В.** Состояние и мелиоративная эффективность полезащитных лесонасаждений Краснодарского края / Н.Н. Дубенок, В.В. Танюкевич, **С.В. Тюрин** // Российская сельскохозяйственная наука. – 2017. - № 1. – С. 36-38.

2. **Тюрин С.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. **Тюрин С.В.** Продуктивность и природоохранная роль полезащитных лесонасаждений *Robinia pseudoacacia* L. Прикубанской равнины / В.В. Танюкевич, А.С. Рулев, В.В. Бородычев, **С.В. Тюрин** [и др.] // Известия вузов. Лесной журнал. - 2020. – № 6. – С. 88–97. («Web of Science»)

Статьи в журнале, индексируемом в «Web of Science» и «Scopus»

4. **Tyurin S.V.** Fires in arid agroforestral landscapes and their damage assessment / V.V. Tanyukevich, A.V. Kulik, O.I. Domanina, **S.V. Tyurin**, A.A. Kvasha // Acta Facultatis Xylogologiae Zvolen. - 2019. - Т. 61. - № 2. - С. 99-107.

Статьи в других изданиях:

5. **Тюрин С.В.** Мелиоративная роль и состояние полеззащитных лесополос Краснодарского края / В.В. Танюкевич, **С.В. Тюрин**, О.И. Доманина // Мелиорация и водное хозяйство. Пути повышения эффективности и экологической безопасности мелиораций земель Юга России: материалы Всероссийской научно-практической конференции (Шумаковские чтения), 7-24 ноября 2017 г. – Новочеркасск: НИМИ Донской ГАУ, 2017. - С. 77-81.

6. **Тюрин С.В.** *Robinia pseudoacacia* L. в полеззащитных насаждениях Краснодарского края / В.В. Танюкевич, **С.В. Тюрин** // Агрэкология, мелиорация и защитное лесоразведение: материалы Международной научно-практической конференции, посвящённой 70-летию постановления Совета Министров СССР «О плане полеззащитных лесонасаждений, внедрения травопольных севооборотов, строительства прудов и водоемов для обеспечения высоких и устойчивых урожаев в степных и лесостепных районах Европейской части СССР», 18-20 октября 2018 г. – Волгоград: ФНЦ агроэкологии РАН, 2018. - С. 192-195.

Научно- практические рекомендации

7. **Тюрин С.В.** Рекомендации по прогнозированию распространения пожаров в лесоаграрных ландшафтах степной зоны и оценке причиненного 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.