

На правах рукописи

Дормидонтова Надежда Владимировна

**ВЛИЯНИЕ ЛЕСОМЕЛИОРАТИВНЫХ И АГРОХИМИЧЕСКИХ
ПРИЁМОВ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ ПАСТБИЩНЫХ УГОДИЙ В
СТЕПИ ПРИВОЛЖСКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ**

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

Саратов – 2022

Диссертационная работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Саратовский государственный аграрный университет имени Н. И. Вавилова»

Научный руководитель: доктор сельскохозяйственных наук, профессор **Проездов Пётр Николаевич**

Официальные оппоненты: **Рулева Ольга Васильевна,** доктор сельскохозяйственных наук, доцент федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук», главный научный сотрудник, заведующая лабораторией прогнозирования биопродуктивности агроландшафтов

Сарычев Александр Николаевич, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Волгоградский государственный аграрный университет», доцент кафедры «Растениеводство, селекция и семеноводство»

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г. Ф. Морозова»

Защита состоится ___ сентября 2022 года в ___ часов на заседании диссертационного совета Д 220.061.08 на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Саратовский государственный аграрный университет имени Н. И. Вавилова» по адресу: г. Саратов, ул. Советская, д. 60, аудитория 325 имени А. В. Дружкина.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО «Саратовский ГАУ имени Н. И. Вавилова» и на сайте www.sgau.ru

Отзывы на автореферат просим высылать по адресу: 410012, г. Саратов, Театральная пл., д. 1.

E-mail: dissovet01@sgau.ru

Автореферат разослан _____ 2022 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета

Панкова Татьяна
Анатольевна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследования. Освоение склоновых эродированных земель в хозяйствах степной зоны Приволжской возвышенности невозможно без создания защитных лесных насаждений, составляющих экологический каркас агроландшафта. Зачастую на склонах крутизной более 3° развита овражная сеть, требующая рекультивации для дальнейшего использования в почвозащитных севооборотах или в качестве пастбищных угодий. В России в настоящее время 65% пашни, 28% сенокосов, 50% пастбищ подвержены воздействию эрозии, периодических засух, суховеев, пыльных бурь. Согласно стратегии развития защитного лесоразведения защитные насаждения увеличивают запасы воды в снегу до 57,1%, впитывание воды в почву – до 86,2%, относительную влажность воздуха в засушливые годы – до 8%, урожайность зерновых культур – на 18-23%, кормовых на 29-41% (ВНИАЛМИ, ныне ФНЦ агроэкологии РАН, 2008, 2018). Изучение продуктивности трав эродированного пастбища под влиянием защитных лесных насаждений и минеральных удобрений является актуальным направлением и проводится в вышеуказанных условиях впервые.

Степень разработанности темы. Следует отметить, что многие работы, посвященные повышению урожайности растений под воздействием лесных полос, относятся к культурам севооборотов: Г. Н. Высоцкий (1938), Н. И. Сус, Ф. И. Серебряков (1966), Е. С. Павловский (1988), А. Т. Барабанов (1993), В. В. Танюкевич (2012), О. В. Рулева (2020, 2021), А. Н. Сарычев (2021). Продуктивность естественных трав угодий под влиянием защитных лесных насаждений исследовалась в основном в аридных условиях сухих степей и полупустынь: В. Н. Виноградов (1979), В. И. Петров (2006), К. Н. Кулик (2008). Совместное влияние насаждений и минеральных удобрений на урожайность сельскохозяйственных культур изучалось немногими исследователями: Е. С. Павловский, М. М. Лазарев (1988).

Цель исследования – повышение продуктивности трав пастбища защитными лесными насаждениями и минеральными удобрениями.

Задачи исследования:

- выполнить анализ продуктивности сельскохозяйственных угодий под влиянием защитных лесных насаждений и минеральных удобрений;
- выявить воздействие лесных полос и кустарниковых кулис на экологические факторы среды (ветер, температура и влажность воздуха, испарение, снегоотложение, почвенную влагу) межполосных пастбищных угодий;
- изучить влияние лесных полос, кустарниковых кулис и азотно-фосфорных удобрений на продуктивность трав пастбища;
- установить регрессионно-корреляционные связи продуктивности и водопотребления травами пастбищ от степени защищенности угодий лесными насаждениями, дозы минеральных удобрений, гидротермического коэффициента;

– определить экономическую эффективность применения защитных лесных насаждений и минеральных удобрений на пастбищах.

Объект исследования: лесные полосы, кустарниковые кулисы, азотно-фосфорные удобрения на эродированном склоне.

Предмет исследования: способность защитных лесных насаждений и минеральных удобрений влиять на продуктивность трав пастбищ.

Научная новизна. Впервые в степной зоне установлены в опытах с учетом мелиоративного влияния лесных полос и кустарниковых кулис регрессионно-корреляционные связи продуктивности трав пастбищ со степенью защищенности угодий защитными насаждениями, дозой азотно-фосфорных удобрений, гидротермическим коэффициентом. Математическое моделирование результатов исследования позволило установить, что наибольшее воздействие на прибавку продуктивности пастбищных угодий в засушливые годы оказывают защитные лесные насаждения до 51,7%, в средневлажные минеральные удобрения – до 19,1%, тогда как насаждения – до 10,2%. Совместное влияние насаждений и удобрений в среднем за 2018 – 2020 гг. по отношению к открытому пастбищу выявило прибавку продуктивности трав 39,4%.

Теоретическая и практическая значимость исследования. *Теоретическая значимость* заключается в разработке математических моделей влияния погодных условий, защитных лесных насаждений, минеральных удобрений на продуктивность и водопотребление травами пастбищных угодий. *Практическая значимость* заключается в разработке технологических приемов ухода за насаждениями и оптимальных доз минеральных удобрений, что позволило получить прибавку продуктивности трав в среднем 1,12 т/га и экономический эффект 978,5 тыс. руб. на площади 103 га в хозяйстве «Вязовский» Татищевского района Саратовской области.

Методология и методы исследования. Использовались стандартные методики планирования и проведения опытов, теоретические и практические принципы агролесомелиорации и земледелия. В экспериментах применялись: методы используемые в агролесомелиорации, лесоводстве, лесной таксации, агрохимии, растениеводстве; методы картографии, наблюдения, описания, сравнения, обобщения, анализа, синтеза. Данные эксперимента были подвержены математической обработке с использованием методов статистики с применением профессиональных версий пакетов прикладных программ.

Положения, выносимые на защиту:

– экологические факторы среды (ветер, температура и влажность воздуха, снегоотложение, запасы влаги в почве) под влиянием защитных лесных насаждений;

– увеличение продуктивности трав пастбища под совместным влиянием лесных полос и кустарниковых кулис с применением азотно - фосфорных удобрений;

– математическое моделирование опытных данных продуктивности и водопотребления пастбищ;

– регрессионно-корреляционные зависимости продуктивности и водопотребления травами пастбища от погодных условий, дозы удобрений, защищенности угодий насаждениями;

– экономическая оценка влияния защитных лесных насаждений и минеральных удобрений на продуктивность угодий.

Степень достоверности и апробация результатов. Достоверность и обоснованность полученных результатов исследования обеспечивается достаточно большим объемом аналитического и экспериментального материала, современными методами исследования, статистической обработкой данных наблюдений. Основные материалы диссертационной работы изложены на конференциях: профессорско-преподавательского состава и аспирантов по итогам научно-исследовательской, учебно-методической и воспитательной работы Саратовского ГАУ им. Н.И. Вавилова в 2019 – 2022 гг.; I Национальной научно-практической конференции с международным участием «Инновации природообустройства и защиты окружающей среды», Саратов, 2019 г.; II Всероссийской научной конференции с международным участием «Информационные технологии в моделировании и управлении: подходы, методы, решения», Тольятти, 2019 г.; VI Международной научно – практической конференции «Школа – семинар молодых учёных. Прикладная математика и информатика: современные исследования в области естественных и технических наук», Тольятти, 2020 г.; IV Национальной конференции по итогам научной и производственной работы преподавателей и студентов в области лесного дела, мелиорации и ландшафтной архитектуры, посвященной 100-летию подготовки специалистов в области лесного дела в Саратовском ГАУ (1922-2022), Саратов, 2022 г.

Публикации. По результатам исследования опубликовано 6 печатных работ, две из них в изданиях рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ. Объём публикаций 2,5 печ.л., в том числе авторских 2,1.

Объём и структура диссертации. Работа изложена на 126 листах компьютерного текста, содержит 15 таблиц, 8 рисунков. Состоит из введения, 5 глав, заключения, рекомендаций производству, списка сокращений и условных обозначений, списка русских и латинских названий травянистых растений, деревьев и кустарников, встречающихся в тексте, списка литературы из 179 наименований, в том числе 6 иностранных, приложений на 18 страницах.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Введение включает в себя обоснование актуальности и степень разработанности темы; цель, задачи и объект исследований; положения, выносимые на защиту; научную новизну, теоретическую и практическую значимость; методологию и методы исследования; достоверность полученных результатов, выводов и рекомендаций производству.

Первая глава «Аналитический обзор» посвящена историческому аспекту и современному состоянию проблемы повышения продуктивности пастбищ под

влиянием защитных лесных насаждений и удобрений с анализом отечественного и зарубежного опытов.

В степной зоне Приволжской возвышенности объекты комплексов противоэрозионных мероприятий (ПЭМ) создали и изучали: Н.И. Сус (1949); И.А. Кузник (1962); И.А. Кузник, А.В. Лысов, В.А. Калужский, П.Н. Проездов (1974, 1978); Э.П. Дик (1973); Т.М. Трифонова (1972); А.И. Шабаев (1985, 2003); П.Н. Проездов (1983, 1999, 2016, 2021), Ю.В. Бондаренко (2003); Д.А. Маштаков (2011).

Анализ накопленного опыта по повышению продуктивности эродированных угодий под влиянием созданных долговременных противоэрозионных лесных насаждений показывает, что эффективность использования мелиорированных земель сдерживается недостаточным применением агротехнического комплекса: удобрений, мульчированного щелевания.

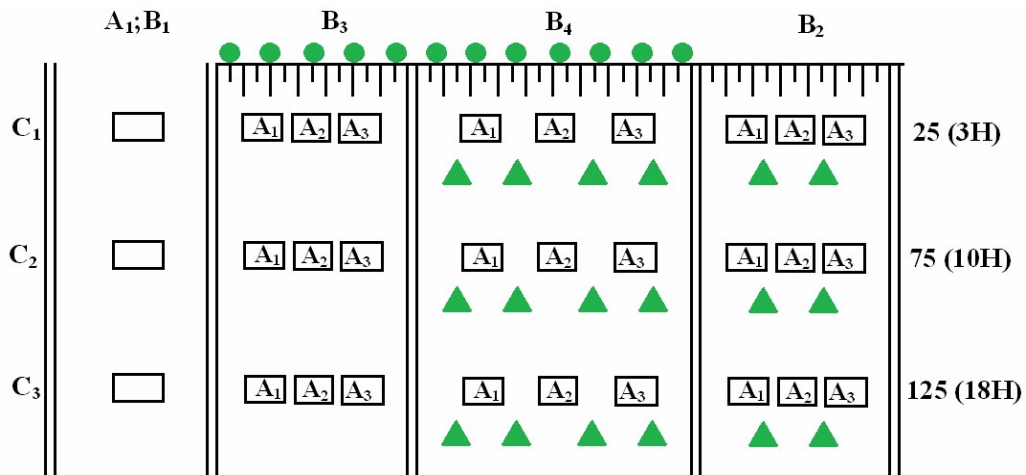
Вторая глава «Природно-климатические условия и методика исследования» посвящена описанию природно-климатических условий, описанию объекта исследований, методике проведения опытов, дана схема проведенного опыта.

Объектом наблюдения и исследования является пастбище под влиянием комплекса противоэрозионных мероприятий (ПЭМ), расположенном на территории фермерского хозяйства (ФХ) «Вязовский» Татищевского района Саратовской области (рисунки 1, 2).



Рисунок 1 – Космоснимок опытного участка в фермерском хозяйстве «Вязовский»

Комплекс ПЭМ, созданный под руководством И.А. Кузника, М.А. Дудорева, П.Н. Проездова в 1970 – 1983 гг. включает следующие элементы (рисунки 1, 2): организацию территории на контурной ландшафтной основе; засыпку оврагов; планировку мелиоративных участков после засыпки оврагов с сохранением плодородного слоя почвы; внесение навоза 50 т/га + $N_{90}P_{60}$; посадку на склоне северной экспозиции крутизной $4,5^\circ$ стокорегулирующей лесной полосы ажурной конструкции с валом-канавой в нижней опушке,



Фактор А – дозы удобрений, кг/га: А₁ – без удобрений; А₂ – N₃₀P₃₀; А₃ – N₆₀P₆₀; фактор В – сочетание защитных лесных насаждений (ЗЛН): В₁ – без ЗЛН – пастбище (Пб) открытое; В₂ – Пб + кустарниковые кулисы (КК); В₃ – Пб + лесные полосы (ЛП); В₄ – Пб+ЛП+КК; фактор С – расстояние от ЛП в единицах Н: С₁ – 3Н(25м); С₂ – 10Н(75м); С₃ – 18Н(125м).

Размер делянок 5x10(50м²). Повторность 3-х кратная. Н – защитная высота ЛП (Н=7м). 25,75,125 – расстояние от ЛП, м.

Рисунок 2 – Схема трёхфакторного опыта с расположением делянок в фермерском хозяйстве «Вязовский»

шириной 15 м, главной породой березой повислой (*Betula pendula*) – Б с сопутствующей ей вязом приземистым (*Ulmus rumila*) – Вп и кустарником смородиной золотистой (*Ribes aureum*) – См в верхней опушке; там же ниже по склону посадку трех двухрядных кустарниковых кулис из бузины красной (*Sambucus racemosa*). Схема смешения с верхней опушки: См-Вп-Б-Б-Вп.

Климат района исследования – засушливо-континентальный. Годовая норма температуры воздуха составляет + 4,9°С, осадков – 424мм, в том числе за вегетационный период отрастания трав пастбищ около 50%. Общий характер рельефа волнистый с расчлененностью до мелиорации около 1,0 км/км². В приводораздельной части склоны слабополгие и пологие (0,5-3°), присетевой – покато-крутые (3-5°) и крутые (> 5-8°).

Геологическое строение зоны аэрации (6,3 м) изучаемого агролесоландшафта: почвенный покров с А+В менее 0,5м и значительным содержанием опоки (до 30%), далее располагается трещиноватая опока мощностью до 1,7 м, глубже – суглинки и супеси. Глубина грунтовых вод – 6,3 м. Материнская порода – опока, которая определяет неполный профиль почв, их щебенчатость. Почва опытного участка – чернозем южный среднесуглинистый среднесмытый неполноразвитый на опоке. Содержание гумуса в почве – 3,6%. Плотность сложения почв (0,8м) – 1,26 г/см³, пористость – 51,4%, наименьшая влагоемкость – 24,1%. Значительная инфильтрационная способность от 0,61 на пастбищах до 1,12 мм/мин в лесных полосах определяется щебенчатостью почв. Интенсивность инфильтрации мерзлых почв снижается до 0,04 мм/мин и менее.

В исследованиях применяли методы почвоведения, агролесомелиорации, агрохимии, экономики. Опыты выполнены по общепринятым методикам НИИ

России (ВНИАЛМИ (1973, 1985, 1987), ВНИИЗиЗПЭ (1985, 1991), НИИ СХ Юго-Востока (1973), Росинформагротех (2013) и вузов (МГУ им. М.В. Ломоносова (2001)).

Исследование лесных полос и кустарниковых кулис выполнено согласно методике ВНИАЛМИ (1985). Пробные площади закладывались по методике ОСТ 56-69-83 (1983).

Основные и сопутствующие наблюдения проводились в соответствии с общепринятыми методиками и ГОСТами: метеорологические наблюдения – по наставлениям гидрометеорологическим станциям и постам (1985г.); отбор почвенных проб – по ГОСТу 28168-89; гранулометрический состав – по ГОСТу 12536-79; плотность почвы – по методу режущих колец Н. А. Качинского (ГОСТ 12536-79); плотность твердой фазы – пикнометрическим методом (Агроклиматические методы исследования почв, 1975); содержание гумуса – по методу Тюрина (ГОСТ 26213-84); наименьшая влагоемкость – методом заливаемых площадок (ГОСТ 28268-89); влажность почвы термостатно-весовым методом (ГОСТ 28268-89); микроклиматические показатели под влиянием защитных лесных насаждений – по методике ВНИАЛМИ (1973); применение и расчет дозы удобрений (NP), учет урожая трав пастбищ на участках 50 м² в 3-х кратной повторности – по рекомендациям Б. А. Доспехова (1985, 2012), НИИСХ ЮВ (1973); экономическая эффективность – по рекомендациям И. С. Санду и др. (2013), применяя прямой расчет, исходя из переводных коэффициентов в кормовые единицы трав пастбищ по отношению к овсу (Электронный фонд правовых и нормативных документов: <https://docs.cntd.ru/document/1200113892>. Питательные корма. Фураж. Онлайн, 2009г.).

Опыт проведен по трехфакторной схеме с использованием сочетания вариантов агролесомелиоративных насаждений, обладающих различной степенью защищенности угодий (прилегающих пастбищ) (рис. 2): 1. Пастбище (Пб) открытое (контроль) – 0,2; 2. Пб + кустарниковые кулисы (КК) + валы-канавы в нижней опушке (ВК) – 0,4; 3. Пб + лесные полосы (ЛП) + ВК – 0,6; 4. Пб + ЛП + КК + ВК – 0,9.

Норма осадков, температуры, влажности воздуха и др. приняты по ближайшей метеостанции Октябрьский Городок. Осадки, температура и влажность воздуха вегетационного периода отрастания трав пастбищ фиксировались по пювниографу. Использовались также люксометр-термогигрометр ТКА-ПКМ и анемометр АТЕ-1034.

Опытные данные обрабатывались методами дисперсионного и регрессионно-корреляционного анализа согласно методике Б. А. Доспехова (1985, 2012) с использованием компьютерных программ Statistica, Scilab и пакета анализа табличного процессора MS Excel.

Третья глава «Динамика микроклиматических показателей под влиянием защитных лесных насаждений» содержит описание изменения микроклиматических показателей пастбища под влиянием защитных лесных насаждений»

Увеличение продуктивности трав пастбищ в системе лесных полос и кустарниковых кулис связана, прежде всего, с микроклиматическими показателями межполосных полей. Динамика температуры и влажности воздуха, испарения прилегающих пастбищ под влиянием защитных лесных насаждений зависят от скорости и направления ветра. Господствующее вредоносное направление ветра, несущее засуху – юго-восточное. Лесная полоса и кустарниковые кулисы располагаются на склоне 4,5° контурно и практически перпендикулярно суховейным ветрам. Измерения показателей проводились 22 июня 2019 г. в 13ч дня, когда температура воздуха в открытом поле (контроле) достигла 28,4°, а скорость ветра – 5,6 м/с. Дополнительно к микроклиматическим показателям исследовались снеготложение и влагозапасы в слое почвы 0,8 м. Снега на облесенных полях накапливалось в среднем за 2018 – 2020 гг. на 32мм больше чем на открытых, или на 21,5%, причем в многоснежные зимы – до 16,3% (2018, 2019гг.), в малоснежные (2020г.) – до 2,7 раза, что, несомненно, позитивно влияло на продуктивность трав. Влагозапасы в активном слое почвы (0,8 м) в засушливом 2019г. изменялись в течение мая – 10 июля (до взятия снопов) при эффективных осадках 19 мм на контроле от 74,7 до 52,1% НВ, под защитой насаждений соответственно – от 81,6 до 52,2% НВ. Превышение влагозапасов в 15 мм насаждения обеспечили благодаря снижению скорости ветра на 28,6%, температуры воздуха – на 5,3%, испарения – на 18,8% (таблица 1, 5).

Таким образом, лесные полосы совместно с кулисами положительно влияют на микроклимат, снеготложение и почвенное увлажнение прилегающих полей, чем значительно улучшают экологические условия для роста и развития растений.

Таблица 1 – Влияние лесных полос и кулис на экологические факторы среды прилегающих полей

№	Факторы	Показатели		Разница к контролю	
		на контроле	в зоне 0-18Н	абсолютная	%
1	Скорость ветра, м/с	5,6	4,0	-1,6	-28,6
2	Температура воздуха, °С	28,4	26,9	-1,5	-5,3
3	Относительная влажность воздуха, %	39,1	44,5	5,4	-
4	Испарение, мл				
	- днем, с 8.00 до 20.00	69	56	-13	-18,8
	-ночью, с 20.00 до 8.00	11	9,0	-2	-18,2
5	Влагозапасы в почве (0,8м), мм	137	152	15	10,9
6	Снегозапасы, мм	149	181	32	21,5

Четвертая глава «Закономерности динамики водопотребления и продуктивности трав пастбищных угодий под влиянием защитных лесных насаждений и минеральных удобрений» содержит результаты по повышению продуктивности трав под влиянием защитных лесных насаждений и минеральных удобрений.

Теоретический аспект повышения продуктивности эродированных пастбищных угодий заключается в использовании аналитического и эмпирического методов для установления уравнений множественной регрессии:

$$Y = b_0 + b_1H + b_2U + b_3V + b_4HU + b_5HV + b_6UB + b_7HUB; \quad (1)$$

$$K_v = b_0 + b_1H + b_2U + b_3V + b_4HU + b_5HV + b_6UB + b_7HUB; \quad (2)$$

$$Y = b_0 + b_1O_r + b_2U + b_3V + b_4O_rU + b_5O_rV + b_6UB + b_7O_rUB; \quad (3)$$

$$K_v = b_0 + b_1O_r + b_2U + b_3V + b_4O_rU + b_5O_rV + b_6UB + b_7O_rUB; \quad (4)$$

где Y – продуктивность трав пастбища, т/га; H – расстояние от лесной полосы (ЛП), измеряемое в единицах защитной высоты ЛП ($H = 7$ м); U – доза минеральных удобрений (NP), кг/га; V – степень защищенности угодий защитными лесными насаждениями; K_v – коэффициент водопотребления (отношение суммы осадков за вегетацию и используемой почвенной влаги к продуктивности трав пастбищ), т/м³; O_r – гидротермический коэффициент – ГТК (отношение количества осадков (мм), умноженное на 10, к сумме температур $> 10^0$ за вегетацию растений); b_0 - b_7 – коэффициенты множественной регрессии.

Освоение эродированных земель заключается в создании лесных полос и кустарниковых кулис с валами-канавами, устроенных в нижней опушке (таблица 2).

Таблица 2 – Лесоводственно-таксационное описание защитных лесных насаждений

Наименование защитных насаждений	Ширина защитных насаждений, м	Количество рядов	Ширина междурядий, м	Схема смещения	Конструкция насаждений	Показатели			
						Средние			Бонитет
						Возраст, лет	Диаметр, см	Высота, м	
Стокорегулирующая лесная полоса с валом-канавой в нижней опушке. Состав ЛП: 5Б 5Вп ЕдЯл	15	5	3,0	Смз-Вп-Б-Б-Вп	Ажурная	Б-3	15,9	7,2	3
						7			
Кустарниковые кулисы с валами-канавами в нижней опушке	2	2	1	Бк-Бк	Ажурная	Вп-37	11,1	6,9	4
						37			
Примечание: Б – береза повислая; Вп – вяз приземистый; Ял – ясень ланцетный; Бк – бузина красная; Смз – смородина золотистая.									

При создании лесной полосы (1983 г.) в качестве сопутствующей породы применен вяз приземистый, который впоследствии своими боковыми ветвями усложнял формирование ажурной конструкции. В составе лесной полосы 5Б5Вп (ЕдЯл) присутствует единично ясень ланцетный. У главной породы березы и ясеня с возрастом произошло самоочищение нижних сучьев до высоты 1,5-2 м. Береза растет по 3, вяз и ясень по 4 классу бонитета. Поскольку

ясень лучше формирует крону следует рекомендовать его вместо вяза. Защитная высота лесной полосы 7 м с защищенностью прилегающего пастбища 60%. Кустарниковые кулисы с высотой 1,5 м защищают пастбище на 40%, а лесные полосы совместно с кустарниковыми кулисами – на 90%. Межполосные пространства оставляли под пастбища, как они были до засыпки оврагов.

В лесной полосе периодически проводили рубки ухода с целью поддержания ажурной конструкции, для чего удалялись верхние боковые сучья крайних рядов вяза, подрост, больные и сухие деревья, бурьян. Кустарник кулис дважды сажался «на пень».

В среднесухой 2018 г. (ГТК = 0,45) и сухой 2019 г. (ГТК = 0,30) наибольшее существенное влияние на продуктивность трав пастбища оказали лесные полосы и кустарниковые кулисы по сравнению с удобрениями: увеличение составило до 44,0%. Максимальная продуктивность трав отмечена на расстоянии 3Н (25м) от лесной полосы. В средневлажный 2020 г. (ГТК = 1,15) наибольшее существенное воздействие на продуктивность трав оказали удобрения по сравнению с защитными насаждениями с превышением на 8,9% (таблицы 3, 4).

Самая низкая продуктивность пастбищ получена на участках без лесных полос, кустарниковых кулис и удобрений независимо от увлажнения вегетационного периода: в среднем за 2018-2020 гг. 2,33 т/га (таблица 3). С усилением засушливости вегетационного периода отрастания растений возрастает роль лесных полос и кустарниковых кулис в увеличении продуктивности трав пастбища под влиянием удобрений в среднем на 6,6% (таблицы 3,4).

Водопотребление трав в засушливые годы (2018, 2019) обеспечено осадками до 13,3%, в средневлажный год (2020) – на 51,8%. Защитные насаждения способствуют использованию влаги травами из слоя почвы более активного (0,8 м) до 10 мм. Коэффициент водопотребления травами пастбища уменьшается с повышением увлажнения вегетационного периода до 170%, причем под воздействием защитных насаждений и удобрений – до 111,2% (таблица 5).

Статистический анализ зависимостей водопотребления и продуктивности трав пастбища с гидротермическим коэффициентом, удобрениями и степенью защищенности угодий лесными насаждениями показал, что поверхности откликов для предложенных регрессионных моделей (1,2,3,4) представляют собой сложные многомерные многообразия. Соответствующую гиперповерхность на плоскости изобразить невозможно. Поэтому для отображения её основных особенностей построены отдельные трехмерные сечения (рисунки 3, 4, 5, 6).

Продуктивность и коэффициент водопотребления травами пастбищ на 79 – 98% обусловлены гидротермическим коэффициентом (осадками и температурой), дозой удобрений, расстоянием от лесных полос и степенью защищенности угодий лесомелиоративными приемами (рисунки 3,4,5,6).

Анализ показал, что наибольшее влияние на продуктивность трав оказывают гидротермический коэффициент, доза удобрений и степень

Таблица 3 – Продуктивность (т/га) трав пастбищ под влиянием защитных лесных насаждений и удобрений (2018 - 2020гг.)

Доза удобрений (фактор А), кг/га	Защитные лесные насаждения (ЗЛН) (фактор В)											
	Без ЗЛН			Кустарниковые кулисы (КК)			Лесные полосы (ЛП)			ЛП+КК		
	ЗН*	10Н	18Н	ЗН	10Н	18Н	ЗН	10Н	18Н	ЗН	10Н	18Н
2018 год. Среднесухой; ГТК = 0,45; НСР ₀₅ = 0,11 т/га для частных различий. НСР ₀₅ для факторов: А – 0,35; В – 2,07												
0	2,31	2,30	2,28	2,76	2,70	2,66	2,91	2,83	2,78	3,06	2,98	2,91
N ₃₀ P ₃₀	2,48	2,45	2,43	2,96	2,89	2,80	3,13	3,03	2,97	3,36	3,28	3,20
N ₆₀ P ₆₀	2,53	2,49	2,47	3,11	3,04	2,97	3,31	3,22	3,17	3,53	3,42	3,26
Среднее по дозе	2,51	2,47	2,45	3,04	2,97	2,89	3,22	3,13	3,07	3,45	3,35	3,23
2019 год Сухой; ГТК = 0,30; НСР ₀₅ = 0,05 т/га для частных различий. НСР ₀₅ для факторов: А – 2,38; В – 0,60; С – 1,20												
0	1,00	0,99	0,99	1,28	1,36	1,35	1,58	1,51	1,40	1,69	1,62	1,48
N ₃₀ P ₃₀	1,08	1,07	1,08	1,42	1,52	1,50	1,80	1,70	1,61	1,95	1,87	1,71
N ₆₀ P ₆₀	1,12	1,12	1,12	1,46	1,59	1,55	1,86	1,76	1,60	2,03	1,91	1,73
Среднее по дозе	1,10	1,10	1,10	1,44	1,56	1,53	1,83	1,73	1,61	1,99	1,89	1,72
2020 год. Средневлажный; ГТК = 1,15; НСР ₀₅ = 0,05 т/га для частных различий. НСР ₀₅ для факторов: А – 4,28; В – 1,04; С – 2,11												
0	3,74	3,69	3,71	4,04	3,95	3,93	4,12	4,07	4,03	4,20	4,10	4,05
N ₃₀ P ₃₀	4,19	4,17	4,19	4,60	4,50	4,47	4,78	4,71	4,66	4,96	4,81	4,77
N ₆₀ P ₆₀	4,26	4,21	4,20	4,71	4,67	4,66	4,89	4,82	4,78	5,03	4,93	4,90
Среднее по дозе	4,23	4,19	4,20	4,66	4,59	4,57	4,84	4,77	4,72	5,00	4,87	4,84
В среднем за 2018 - 2020 гг. НСР ₀₅ = 0,07 т/га для частных различий. НСР ₀₅ для факторов: А – 2,34; В – 1,24; С – 1,10												
0	2,35	2,33	2,33	2,69	2,67	2,65	2,87	2,80	2,74	2,98	2,90	2,81
N ₃₀ P ₃₀	2,58	2,56	2,57	2,99	2,97	2,92	3,24	3,15	3,08	3,42	3,32	3,23
N ₆₀ P ₆₀	2,64	2,61	2,60	3,09	3,10	3,06	3,35	3,27	3,18	3,53	3,42	3,30
Среднее по дозе	2,61	2,59	2,58	3,04	3,04	2,99	3,30	3,21	3,13	3,48	3,37	3,26
Н* - защитная высота лесной полосы (ЛП); ЗН, 10Н, 18Н - расстояние от ЛП, измеряемое в единицах Н (фактор С).												

защищённости угодий защитными насаждениями. На это указывают уменьшение коэффициента детерминации и значительное увеличение среднего абсолютного отклонения и средней абсолютной ошибки в процентах при исключении соответствующего фактора из модели данных. Четвертым по значимости фактором является расстояние от лесной полосы.

Пятая глава «Экономическая эффективность агролесомелиорации и агрохимии» включает в себя расчеты рентабельности использования пастбищных угодий под влиянием защитных лесных насаждений и минеральных удобрений, которые приведены в таблице 6.

В затратах учтены: стоимость и внесение удобрений; уборка и транспортировка трав к животноводческой ферме; уходы за насаждениями.

Таблица 4 – Прибавка продуктивности трав пастбищ (%) под влиянием защитных лесных насаждений, удобрений и совместно насаждений и удобрений (2018 - 2020гг.)

Годы исследования	Наименование влияния варианта опыта	Защитные лесные насаждения (ЗЛН)			
		Кустарниковые кулисы (КК) ЗН* к "К"	Лесные полосы (ЛП) ЗН к "К"	ЛП+КК ЗН к "К"	ЗЛН в среднем ЗН к "К"
2018г. - среднесухой, ГТК = 0,45	ЗЛН	19,5	26,0	32,5	26,0
	Удобрения (У)	2,1	2,8	5,5	3,5
	ЗЛН+У	21,6	28,8	38,0	29,5
2019г. - сухой, ГТК = 0,30	ЗЛН	28,0	58,0	69,0	51,7
	У	2,9	8,4	11,9	7,7
	ЗЛН+У	30,9	66,4	80,9	59,4
2020г. - средневлажный, ГТК = 1,15	ЗЛН	8,0	10,2	12,3	10,2
	У	16,6	19,2	21,4	19,1
	ЗЛН+У	24,6	29,4	33,7	29,3
В среднем за 2018 - 2020гг.	ЗЛН	18,5	31,4	37,9	29,3
	У	7,2	10,1	12,9	10,1
	ЗЛН+У	25,7	41,5	50,9	39,4

Н* - защитная высота лесной полосы (ЛП); ЗН- расстояние от ЛП, измеряемое в единицах Н; "К" - контроль (без ЗЛН и удобрений)

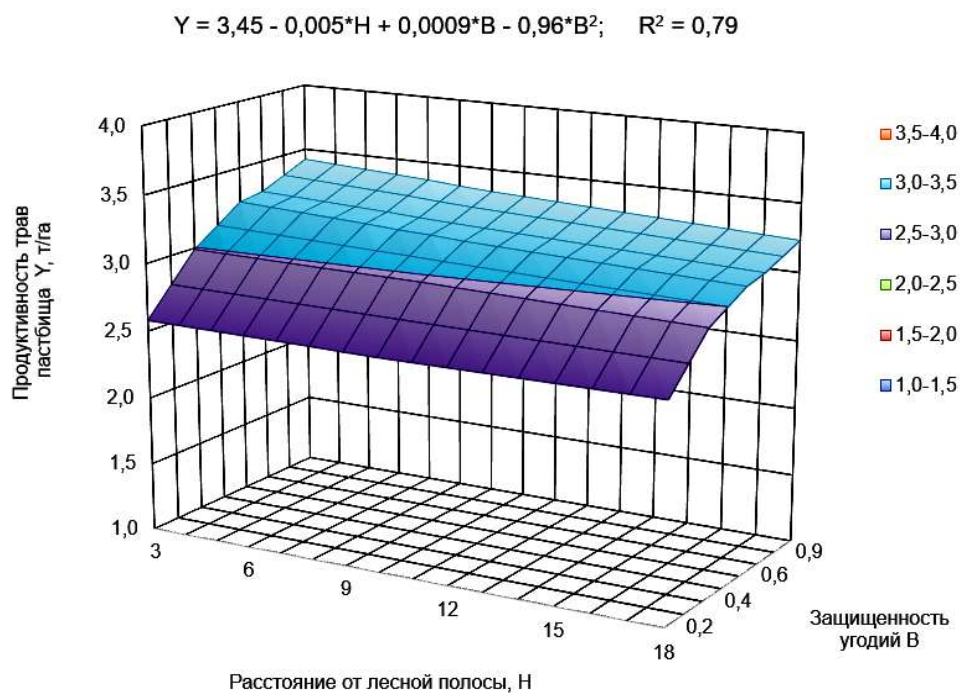


Рисунок 3 – Зависимость продуктивности трав пастбища от степени защищенности угодий и расстояния от лесной полосы при дозе удобрений $U = 60 \text{ кг/га (N}_{30}\text{P}_{30})$ за 2018-2020 гг.

Таблица 5 – Водопотребление и продуктивность трав пастбища (2018 – 2020гг.)

Варианты опыта	Запасы воды в снегу, мм	Осадки эффективные, мм	Использование влаги из почвы, мм			Суммарное водопотребление, мм	Продуктивность, т/га	Коэффициент водопотребления, м ³ /т
			В слое, м		Всего			
			0,8	>0,8				
2018г. Средневлажная осень 2017г. Очень многоснежная зима 2017-2018г. Среднесухой вегетационный период 2018г. ГТК=0,45								
Без лесных полос (ЛП), кустарниковых кулис (КК), удобрений (У)	215	23	139	12	151	174	2,30	756
КК+У	237	23	154	16	170	193	2,96	652
ЛП+У	248	23	155	19	174	197	3,14	627
ЛП+КК+У	250	23	160	20	180	203	3,34	608
2019г. Средневлажная осень 2018г. Очень многоснежная зима 2018-2019г. Сухой вегетационный период 2019г. ГТК=0,30								
Без ЛП, КК, У	207	19	110	13	123	142	1,00	1420
КК+У	219	19	113	17	130	149	1,51	987
ЛП+У	222	19	118	21	139	158	1,72	919
ЛП+КК+У	229	19	123	23	146	165	1,87	882
2020г. Средняя по увлажнению осень 2019г. Очень малоснежная зима 2019-2020гг. Средневлажный вегетационный период 2020г. ГТК=1,15								
Без ЛП, КК, У	24	101	91	3	94	195	3,71	526
КК+У	41	101	94	5	99	200	4,60	435
ЛП+У	53	101	97	6	103	204	4,78	427
ЛП+КК+У	64	101	99	6	105	206	4,90	420
В среднем в 2018-2020гг.								
Без ЛП, КК, У	149	48	113	9	122	170	2,33	730
КК+У	166	48	120	13	133	181	3,02	599
ЛП+У	174	48	123	15	138	186	3,21	579
ЛП+КК+У	181	48	127	16	143	191	3,37	567

Таблица 6 – Экономическая оценка влияния защитных лесных насаждений и удобрений на продуктивность трав пастбища за 2018 – 2020 гг.

Защитные насаждения и удобрения	Степень защищенности угодий	Продуктивность трав		Заплаты, тыс.руб./га	Оценка продукции, тыс. руб./га	Прибыль, тыс. руб./га	Рентабельность, %
		т/га	т к.ед./га				
1. Без ЛП, КК и У	0,2	2,34	0,35	1,30	1,70	0,40	30,8
2. КК+У (N ₃₀ P ₃₀)	0,4	2,99	1,11	3,58	5,33	1,75	48,9
3. КК+У (N ₆₀ P ₆₀)	0,4	3,11	1,24	4,11	5,95	1,84	44,8
4. ЛП+У (N ₃₀ P ₃₀)	0,6	3,19	1,75	5,37	8,40	3,03	56,4
5. ЛП+У (N ₆₀ P ₆₀)	0,6	3,29	1,88	6,13	9,02	2,89	47,1
6. ЛП+ КК+У (N ₃₀ P ₃₀)	0,9	3,35	2,18	6,28	10,46	4,18	66,6
7. ЛП+ КК+У (N ₆₀ P ₆₀)	0,9	3,46	2,32	7,28	11,14	3,96	56,4

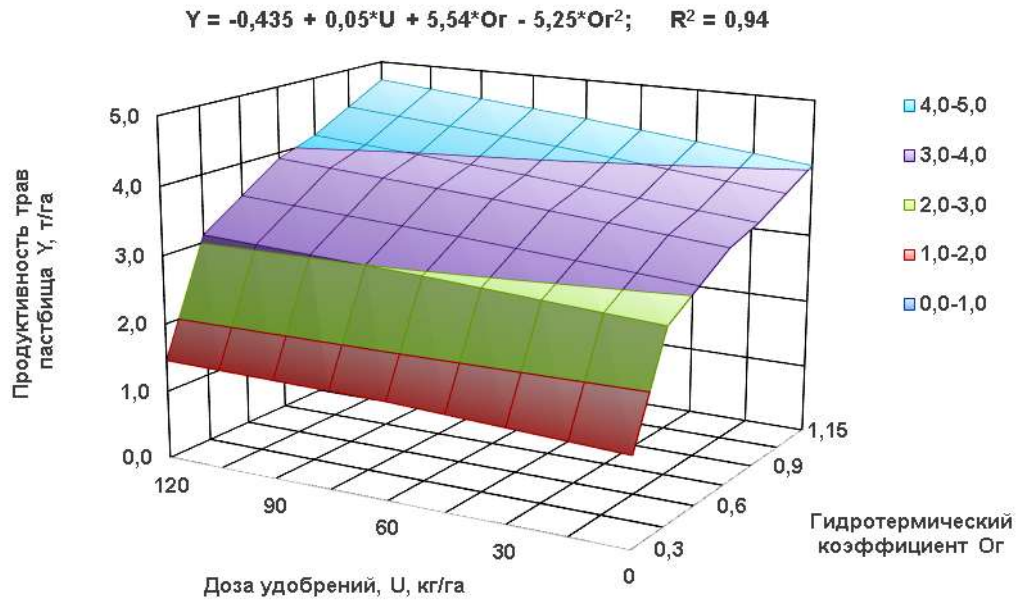


Рисунок 4 – Зависимость продуктивности трав пастбища от гидротермического коэффициента и дозы удобрений на расстоянии 3Н от лесной полосы за 2018-2020 гг.

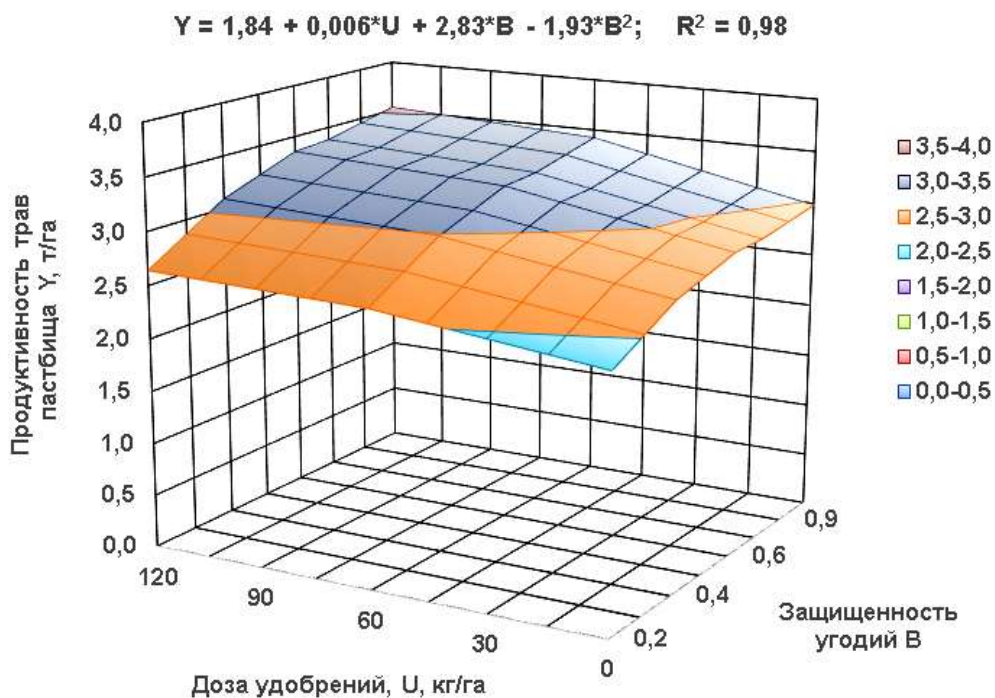


Рисунок 5 – Зависимость продуктивности трав пастбища от степени защищенности угодий и дозы удобрений на расстоянии 3Н от лесной полосы за 2018-2020 гг.

Продукция оценена исходя из переводного коэффициента в кормовые единицы по отношению к овсу: от 0,15 для трав на контроле до 0,60 для трав преимущественно под влиянием защитных насаждений (разница в переводных коэффициентах – преобладание бобовых около насаждений, имеющие более ценные кормовые качества по сравнению с другими видами растений). Цена овса среднего качества в четвертом квартале 2021г. составляла 4,8 тыс. руб./т.

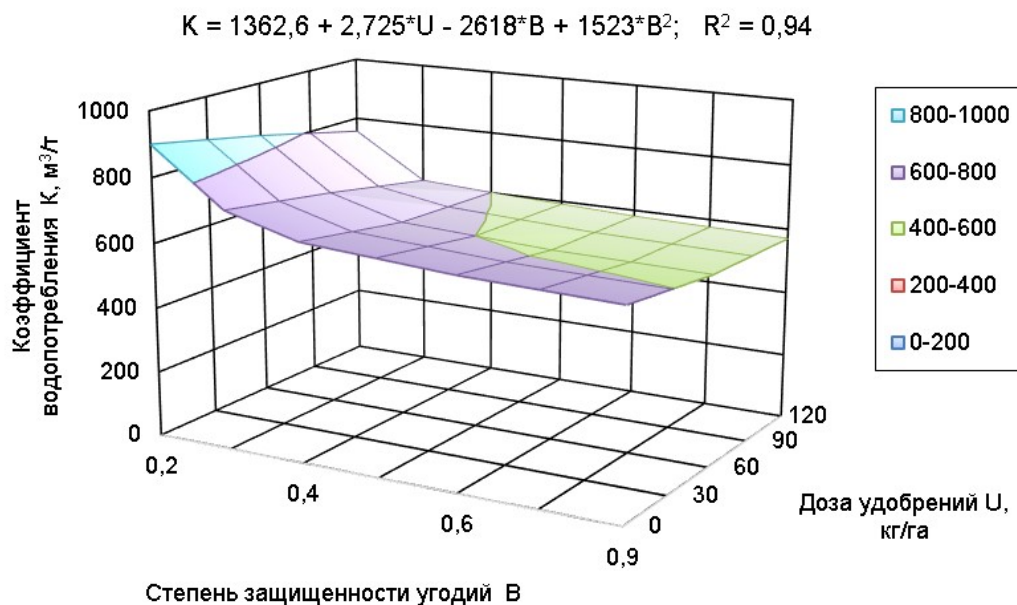


Рисунок 6 – Зависимость коэффициента водопотребления травами пастбища от степени защищенности угодий и дозы удобрений на расстоянии 3Н от лесной полосы за 2018-2020 гг.

Продуктивность пастбищных угодий при совместном воздействии защитных лесных насаждений и минеральных удобрений дозой $N_{30}P_{30}$ наиболее рентабельна и составляет в среднем 66,6%. Увеличение дозы удобрений в два раза ($N_{60}P_{60}$) снижает рентабельность в 1,2 раза из-за высокой стоимости удобрений, составляющей до 69% от затрат.

Применение аналитического и эмпирического методов анализа позволило установить зависимость в виде уравнения множественной регрессии:

$$P = b_0 + b_1 O_r + b_2 U + b_3 B + b_4 O_r U + b_5 O_r B + b_6 UB + b_7 O_r UB \quad (5)$$

где P – рентабельность использования пастбищных угодий, %; U – доза минеральных удобрений (NP), кг/га; B – степень защищенности угодий защитными лесными насаждениями; O_r – гидротермический коэффициент (отношение количества осадков (мм), умноженное на 10, к сумме температур $> 10^{\circ}C$ за вегетацию растений); b_0 - b_7 – коэффициенты множественной регрессии.

Рентабельность использования трав пастбищ (модель 5) обусловлена на 92% дозой удобрений и степенью защищенности угодий лесомелиоративными приемами (рисунок 7).

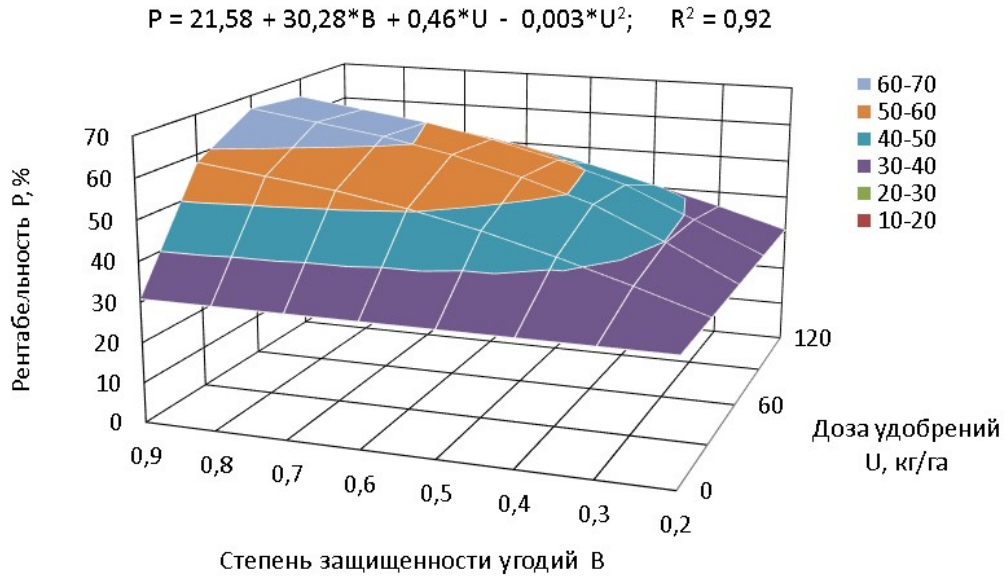


Рисунок 7 – Зависимость рентабельности от дозы удобрений и степени защищенности пастбищных угодий за 2018 – 2020 гг.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Анализ опытных данных, проведенными учеными в различных регионах России и за рубежом, показывает, что продуктивность сельскохозяйственных угодий возрастает под влиянием защитных лесных насаждений и удобрений. Причем воздействие лесомелиоративных и агрохимических приемов на урожайность исследовались, в основном, на культурах севооборота, поэтому назрела необходимость восполнить пробел в изучении пастбищных угодий.

2. Микроклиматические показатели под влиянием лесных полос и кустарниковых кулис ажурной конструкции по сравнению с открытой местностью в дни с засухой претерпевают значительные изменения: скорость ветра при 5,6 м/с на контроле уменьшается на 28,6% с одновременным снижением температуры на 1,5° (5,3%), испарения за сутки до 15 мл (18,8%).

3. Разработаны математические модели повышения продуктивности (Y) и эффективности (P) использования пастбищных угодий под влиянием лесных полос и кустарниковых кулис (B), минеральных удобрений (U), погодных условий (Or).

$$Y = b_0 + b_1 O_r + b_2 U + b_3 B + b_4 O_r U + b_5 O_r B + b_6 UB + b_7 O_r UB;$$

$$P = b_0 + b_1 O_r + b_2 U + b_3 B + b_4 O_r U + b_5 O_r B + b_6 UB + b_7 O_r UB$$

4. В засушливые годы (2018, 2019) использование почвенной влаги составляет до 88,5% от суммарного водопотребления, осадки – до 11,5%. Причем подтягиваемая влага из слоя более расчетного (0,8м) составила до 13,9%, указывая на то, что почвенные резервы влаги для роста трав используются при дефиците осадков. В средневлажный вегетационный период отрастания пастбищных трав значительно возрастает роль осадков в

водопотреблении растений до 51%, причем используемая влага из слоя почвы > 0,8м составила менее 2,9%.

5. Существенная прибавка продуктивности трав пастбища от применения удобрений увеличивается с 3,5 до 19,1% с повышением увлажнения вегетационного периода отрастания растений, указывая на возрастающую роль влаги в усвоении питательных элементов. Влияние защитных лесных насаждений на прибавку продуктивности трав снижается с 51,7 до 10,2% с увеличением количества выпадающих осадков. Регрессионно-корреляционный анализ данных наблюдений установил тесную взаимосвязь водопотребления и продуктивности трав пастбища с гидротермическими условиями вегетации растений, лесомелиоративными и агрохимическими приемами (коэффициенты детерминации $R^2 = 0,79 - 0,98$).

6. Повышение дозы удобрений в засушливые и средневлажные годы с дозой от $N_{30}P_{30}$ до $N_{60}P_{60}$ независимо от применения защитных насаждений снижает рентабельность до 1,2 раза. Экономическая эффективность использования пастбищных угодий на 92% обусловлена защитными лесными насаждениями, дозой минеральных удобрений.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПРОИЗВОДСТВУ

1. Создавать на склонах 3-5° контурные лесные полосы ажурной конструкции на расстоянии 300–250 м;

2. Применять в лесных полосах в качестве главной породы березу повислую (Б), сопутствующей – ясень ланцетный (Ял), кустарника – смородины золотистой (Смз) со схемой смешения, начиная с верхней опушки Смз-Ял-Б-Б-Ял;

3. Размещать между лесными полосами двухрядные кустарниковые кулисы из бузины красной через 50 м;

4. Усиливать лесные полосы и кустарниковые кулисы в нижней опушке валами-канавами плантажным плугом ППН – 50;

5. Применять в засушливые и средневлажные годы дозу азотно-фосфорных удобрений 60 кг/га ($N_{30}P_{30}$).

ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ

Перспективы дальнейшей разработки предлагаемого направления исследования заключаются:

– в продолжение эксперимента в покатоном типе агроландшафта (3-5°) испытания доз минеральных удобрений на пастбищах под влиянием лесных полос и кустарниковых кулис в различные по увлажнению вегетационные периоды отрастания растений;

– в проведении опыта по воздействию минеральных удобрений на продуктивность пастбищ в созданных комплексах защитных лесных насаждений с применением агромелиоративных приемов по типам

агрорландшафта: пологий (1-3°), покато-крутой (5-8°) и крутосклонный (более 8°);

– в проведении опыта по улучшению использования эродированных пастбищных угодий среди защитных лесных насаждений путем подсева бобовых трав (клевера, люцерны, астрагала, донника и др.);

– в распространении исследования в лесостепную и сухостепную зоны Приволжской возвышенности.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи в рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ

1. Проездов, П.Н. Закономерности воздействия защитных лесных насаждений и удобрений на продуктивность пастбищ в степи Поволжья / П.Н. Проездов, Д.В. Есков, **Н.В. Дормидонтова**, А.В. Розанов, Д.А. Маштаков // Успехи современного естествознания. – 2020. – №12. – С.42-48.

2. Проездов, П.Н. Почвозащитная и экономическая эффективность использования пастбищных угодий под влиянием лесомелиоративных и агрохимических приемов на южном черноземе / П.Н. Проездов, О.Г. Удалова, **Н.В. Дормидонтова**, Д.В. Есков, А.В. Розанов // Успехи современного естествознания. – 2022. – №3. – С.22-29.

Статьи в научных сборниках и журналах

3. **Дормидонтова, Н.В.** Воздействие агролесомелиоративных насаждений и удобрений на продуктивность пастбищ в степи Приволжской возвышенности / **Н.В. Дормидонтова**, П.Н. Проездов, А.В. Розанов // Материалы I Национальной научно-практической конференции с международным участием «Инновации природообустройства и защиты окружающей среды». – Саратов. – 2019. – С. 635-639.

4. **Дормидонтова, Н.В.** Математическое моделирование воздействия защитных лесных насаждений на продуктивность пастбищ в степи Приволжской возвышенности / **Н.В. Дормидонтова**, Д.В. Есков, А.В. Розанов // материалы II Всероссийской научной конференции с международным участием «Информационные технологии в моделировании и управлении: подходы, методы, решения». – Тольятти. – 2019. – С. 149-154.

5. **Дормидонтова, Н.В.** Моделирование влияния на продуктивность сельскохозяйственных культур лесных насаждений и удобрений в степи Поволжья / **Дормидонтова Н.В.**, Д.В. Есков, А.В. Розанов // Сборник научных статей VI Международной научно – практической конференции (школа – семинар) молодых учёных «Прикладная математика и информатика: современные исследования в области естественных и технических наук». – Тольятти. – 2020. – С. 246-250.

6. **Дормидонтова, Н.В.** Закономерности влияния лесомелиоративных и агрохимических приемов на водопотребление травами пастбищ на южном черноземе / **Н.В. Дормидонтова**, П.Н. Проездов, Д.В. Есков // Материалы IV Национальной конференции по итогам научной и производственной работы преподавателей и студентов в области лесного дела, мелиорации и ландшафтной архитектуры, посвященной 100-летию подготовки специалистов в области лесного дела в Саратовском ГАУ (1922-2022). – Саратов. – 2022. – С. 57-62.