

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Брянский государственный аграрный университет»

На правах рукописи

Атрошенко Павел Петрович

Эффективность минерального удобрения  
при возделывании мятликовой травосмеси  
на радиоактивно загрязнённой пойме  
реки Ипуть юго-запада Нечерноземья

Специальность 4.1.3. Агрохимия, агропочвоведение,  
защита и карантин растений

Диссертация на соискание ученой степени  
кандидата сельскохозяйственных наук

Научный руководитель:  
доктор сельскохозяйственных наук, профессор  
Н.М. Белоус

Брянск – 2025

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ.....	10
ГЛАВА 1 АГРОХИМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ВЕДЕНИЯ КОРМОПРОИЗВОДСТВА В УСЛОВИЯХ РАДИОАКТИВНО ЗАГРЯЗНЁННЫХ ЕСТЕСТВЕННЫХ КОРМОВЫХ УГОДИЙ.....	10
1.1 Значение кормопроизводства в продовольственной безопасности России....	10
1.2 Минеральные удобрения в реализации продуктивности кормовых угодий....	14
1.3 Ведение кормопроизводства в условиях радиоактивного загрязнения.....	18
ГЛАВА 2 ПРИРОДНЫЕ УСЛОВИЯ ТЕРРИТОРИИ ИССЛЕДОВАНИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	22
2.1 Место, объект и методы исследования.....	22
2.2 Агроклиматические и почвенные ресурсы территории исследования.....	26
ГЛАВА 3 ЭФФЕКТИВНОСТЬ МИНЕРАЛЬНОГО УДОБРЕНИЯ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ МЯТЛИКОВОЙ ТРАВΟΣМЕСИ.....	32
3.1 Урожайность сеяной мятликовой травосмеси пойменного луга .....	32
3.2 Минеральные удобрения в реализации потенциала продуктивности мятликовой травосмеси .....	49
3.3 Качественные показатели продукции кормопроизводства .....	58
3.4 Элементный состав продукции кормопроизводства.....	78
3.5 Баланс элементов питания при возделывании мятликовой травосмеси.....	87
ГЛАВА 4 РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ МИНЕРАЛЬНОГО УДОБРЕНИЯ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ МЯТЛИКОВОЙ ТРАВΟΣМЕСИ.....	91
4.1 Удельная активность $^{137}\text{Cs}$ продукции кормопроизводства .....	91
4.2 Радиоэкологические показатели территории при ведении кормопроизводства.....	101
4.3 Модель перехода $^{137}\text{Cs}$ по пищевой цепи «корм-животное-человек».....	108
ГЛАВА 5 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ МИНЕРАЛЬНОГО УДОБРЕНИЯ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ МЯТЛИКОВОЙ ТРАВΟΣМЕСИ.....	115
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	118
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	123
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	145
Приложение А. Результаты дисперсионного анализа урожайности зелёной массы первого укоса, посевов мятликовой травосмеси.....	146
Приложение Б. Результаты дисперсионного анализа урожайности зелёной массы второго укоса, посевов мятликовой травосмеси.....	147

Приложение В. Результаты дисперсионного анализа урожайности сена первого укоса, посевов мятликовой травосмеси.....	148
Приложение Г. Результаты дисперсионного анализа урожайности сена второго укоса, посевов мятликовой травосмеси.....	149
Приложение Д. Результаты дисперсионного анализа качественных показателей сена первого укоса, посевов мятликовой травосмеси среднее 2019-2021 годы исследования.....	150
Приложение Е. Результаты дисперсионного анализа качественных показателей сена второго укоса, посевов мятликовой травосмеси среднее 2019-2021 годы исследования.....	151
Приложение Ё. Результаты дисперсионного анализа элементного состава сена первого укоса, посевов мятликовой травосмеси среднее 2019-2021 годы исследования.....	152
Приложение Ж. Результаты дисперсионного анализа элементного состава сена второго укоса, посевов мятликовой травосмеси среднее 2019-2021 годы исследования.....	153
Приложение З. Результаты дисперсионного анализа удельной активности <sup>137</sup> Cs зелёной массы, посевов мятликовой травосмеси среднее 2019-2021 годы исследования.....	154
Приложение И. Результаты дисперсионного анализа удельной активности <sup>137</sup> Cs сена, посевов мятликовой травосмеси среднее 2019-2021 годы исследования.....	155

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность темы исследования.** Доктрина продовольственной безопасности России на период до 2030 года предусматривается осуществить самообеспеченность народонаселения мясом и мясoproдуктами в пределах до 85%, молоком и молокопродуктами до 90%. А для успешного ведения мясомолочного скотоводства необходима стабильная кормовая база, основу которой составляют объёмистые корма (сено, зелёные корма, силос), на долю которых приходится от 70 до 90 % рациона крупного рогатого скота. Важнейшим и в достаточной степени реализуемым источником производства различных кормов для нужд животноводства в Российской Федерации являются природные кормовые угодья. Однако в результате аварии произошедшей в 1986 году на Чернобыльской АЭС, выпавшие радиоактивные осадки загрязнили естественные кормовые угодья, основу которых составил  $^{137}\text{Cs}$ , что затрудняет производство зелёных и грубых кормов, с допустимым уровнем содержания  $^{137}\text{Cs}$  в них. Это требует создания эффективных приёмов реабилитации радиоактивно загрязнённых кормовых угодий, которые будут повышать продуктивность и качество кормов, при этом производство кормов будет экономически обоснованным. Поэтому исследования эффективности минерального удобрения при возделывании сеяной мятликовой травосмеси в изменяющихся условиях среды на радиоактивно загрязнённой территории центральной поймы в развитии кормопроизводства весьма актуально.

**Степень её разработанности.** Вопросы, связанные с ведением кормопроизводства и получение нормативно чистых кормов в условиях радиоактивного загрязнения территории посвящены работы многих учёных (Р. М. Алексин, Н.И. Санжарова, С. В. Фесенко, Н. М. Белоус, Г.Т. Воробьёв, В.Г. Сычёв, Л. П. Харкевич, А. Г. Подоляк, В. Ф. Шаповалов, Е.В. Смольский и других).

Изменяющиеся климатические и радиологические условия территории исследуемого региона требуют совершенствования применения минерального удобрения при возделывании мятликовой травосмеси. В настоящее время на территории юго-запада Нечерноземья наступил первый период полураспада основного дозообразующего радионуклида –  $^{137}\text{Cs}$ , климатические условия региона постоянно изменяются, поэтому необходимо при возделывании мятликовой травосмеси в условиях радиоактивного загрязнения окружающей среды совершенствование доз минерального удобрения и соотношения в нём элементов питания. Так как проблема получения зелёных и грубых кормов с допустимым уровнем содержания  $^{137}\text{Cs}$  на естественных кормовых угодьях в условиях радиоактивного загрязнения почв лёгкого гранулометрического состава ещё не решена.

В научной литературе практически не изучено изменение количественных и качественных показателей продукции кормопроизводства под действием различного использования кормовых угодий, видов, доз минерального удобрения и соотношения в нём элементов питания, периода уборки урожая в изменяющихся условиях окружающей среды и радиоактивного загрязнения территории, наступление первого периода полураспада  $^{137}\text{Cs}$ . Мало исследованы возможности адаптации радиоактивно загрязнённых кормовых угодий при изменении конкретных природно-климатических условий к производству зелёных и грубых кормов в условиях низкого содержания калия в почве лёгкого гранулометрического состава.

Создание, изучение и внедрение агрономически, радиозэкологически и экономически эффективных систем удобрения, при возделывании мятликовой травосмеси в условиях радиоактивного загрязнения территории, требует дальнейшей разработки и исследования.

**Цель исследования** – эффективность применения минерального удобрения при возделывании мятликовой травосмеси в условиях поверхностного улучшения радиоактивно загрязнённой центральной поймы реки Ипуть юго-запада Нечернозёмной зоны России.

### **Задачи исследования:**

- выявить роль агроклиматических ресурсов в период проведения исследования в изменчивости урожайности мятликовой травосмеси, показателей качества получаемой продукции в зависимости от количества применяемого удобрения;
- определить оптимальные дозы минерального удобрения в повышении продуктивности мятликовой травосмеси, установить значение элементов питания минерального удобрения в получении урожая;
- определить роль минерального удобрения в реализации потенциала продуктивности мятликовой травосмеси в условиях центральной поймы;
- оценить влияние минерального удобрения на изменения показателей качества продукции кормопроизводства;
- выявить роль минерального удобрения на изменение элементного состава продукции кормопроизводства, баланса элементов питания при возделывании мятликовой травосмеси;
- определить оптимальные дозы минерального удобрения в снижении удельной активности  $^{137}\text{Cs}$  кормов при возделывании мятликовой травосмеси и установить значение элементов питания в получении урожая с допустимым содержанием  $^{137}\text{Cs}$ ;
- оценить влияние минерального удобрения на изменения радиозкологических показателей территории ведения кормопроизводства, миграцию  $^{137}\text{Cs}$  в системе корм–животное–человек;
- экономически обосновать применения минерального удобрения при возделывании мятликовой травосмеси в условиях радиоактивного загрязнения.

**Научная новизна.** Впервые, после завершения первого периода полураспада  $^{137}\text{Cs}$ , в условиях радиоактивно загрязнённой поверхностно улучшенной центральной поймы при возделывании сеяной мятликовой травосмеси установлено, что наиболее агрономически эффективные дозы N45P60K45 и N45K45 минерального удобрения соответственно под первый и второй укосы, позволяющие получать максимальную отдачу продукции кормопроизводства. Наибо-

лее экологически эффективны дозы N60P60K90 и N60K60 минерального удобрения соответственно под первый и второй укосы, позволяющие получать корма и продукцию животноводства соответствующую требованиям радиационной безопасности. Роль возрастающих доз 0 до 60 кг. д.в. азотного удобрения в повышении урожайности – сильная, в повышении накопления  $^{137}\text{Cs}$  мятликовой травосмесью – средняя, роль возрастающих доз 60 до 90 кг. д. в. калийного удобрения в повышении урожайности – средняя, в снижении накопления  $^{137}\text{Cs}$  – сильная. Даны рекомендации эффективного применения N60P60K90 и N60K90 при ведении кормопроизводства в изменяющихся условиях и наступлении первого периода полураспада  $^{137}\text{Cs}$  в условиях кормовых угодий заливного луга.

**Теоретическая и практическая значимость работы.** Результаты нашей диссертационной работы определяют роль минерального удобрения, изменяющихся условий окружающей среды в эффективном использовании радиоактивно загрязнённой поверхностно улучшенной центральной поймы, при возделывании мятликовой травосмеси для получения максимальной урожайности и качества продукции кормопроизводства. Определено значение агроклиматических условий в изменчивости количественных и качественных показателей при возделывании мятликовой травосмеси. Установлена определяющая роль минерального удобрения при ведении кормопроизводства в наибольшем выходе кормов с единицы площади, с допустимым содержанием  $^{137}\text{Cs}$ . Диссертационная работа должна стать основой для внедрения в производство продукции кормопроизводства в хозяйства, личном подворье юго-запада Брянской области для получения экологически безопасных, стабильных урожаев сеяной мятликовой травосмеси.

**Методология и методы исследования.** Экспериментальные исследования проводили на центральной пойме реки Ипуть Новозыбковский район Брянская область в длительном стационарном опыте. Повторность опыта трёхкратная. Программа исследования базировалась на теоретических достижениях и экспериментальных материалах отечественных и зарубежных исследователей в области агрохимии, кормопроизводства и радиоэкологии. Агротехника возделывания мятликовой травосмеси общепринятая для Нечернозёмной зоны

РФ. Полевые, лабораторно-аналитические исследования проводили на кафедре агрохимии, почвоведения и экологии, в центре коллективного пользования научным оборудованием Брянского ГАУ с использованием общепринятых методов. Полученные данные статистически обрабатывали по средствам дисперсионного, корреляционного и вариационного анализов. Экономическую эффективность рассчитывали на основе типовой технологической карты.

**Положения, выносимые на защиту.**

1. Реализация потенциала продуктивности сеяной мятликовой травосмеси в условиях центральной поймы зависит от минерального удобрения.
2. Применение минерального удобрения для повышения качества продукции кормопроизводства действует разнонаправлено.
3. Получение продукции кормопроизводства и животноводства в условиях плотности радиоактивного загрязнения  $^{137}\text{Cs}$  территории более  $555 \text{ кБк/м}^2$  без научно-обоснованного применения минерального удобрения невозможно.
4. Возможность регулирования баланса элементов питания при возделывании мятликовой травосмеси.
5. Применение минерального удобрения на радиоактивно загрязнённой поверхностно улучшенной центральной пойме экономически обосновано.

**Степень достоверности и апробация результатов.** Достоверность основана на теоретически и методологически правильном планировании, постановки полевого опыта и проведения лабораторных анализов. Достоверность полученных результатов подтверждается практическими результатами и доказана результатами статистической обработки экспериментальных данных, объёмом, комплексом наблюдений, определений, анализов и учётов. Выводы соответствуют полученным экспериментальным исследованиям, а рекомендации внедрением полученных результатов в производство.

Результаты научных исследований прошли апробацию и получили одобрение на XIX, XX, XXI и XXII международных научных конференциях «Агроэкологические аспекты устойчивого развития АПК» (г. Брянск, 2022, 2023, 2024, 2025 г.); на II международной научно-практической конференции



«Современные тенденции развития аграрной науки» (г. Брянск, 2023 г.), на Международной научно-практической конференции «От модернизации к опережающему развитию: обеспечение конкурентоспособности и научного лидерства АПК» IDSISA2025 13-14.02.2025 г.

Положения научно-квалификационной работы были отражены в 11 научных изданиях, сборниках и материалах докладов представленных на российских и международных конференциях, в том числе в 5 статьях опубликованных в журналах из перечня изданий, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ.

Общий объем опубликованных статей по теме диссертационной работы – 5,84 у. п. л., в том числе долевое участие соискателя 4,67 у. п. л. или 80%.

**Структура и объем диссертации.** Научно-квалификационная работа изложена на 155 страниц компьютерного текста, состоит из введения, 5 глав, заключения. Содержит 25 таблиц, 20 рисунков и 10 приложений. Список литературы включает 172 наименований, в том числе 3 иностранных источника.

**Личный вклад.** Соискатель теоретически проработал научную литературу по теме исследования, непосредственно участвовал в постановки цели и задач исследования, проводил аналитические исследования в лабораториях Брянского ГАУ и полевые на центральной пойме реки Ипуть Новозыбковского района Брянской области, провёл обработку и анализ полученных экспериментальных данных, сделал выводы на основе полученных результатов. Подготовил к публикации результаты исследований в научных изданиях. Результаты исследования последовательно изложил в работе и подготовил автореферат. Личный вклад в объёме научно-квалификационной работы составляет 90 %.

Соискатель выражает искреннюю благодарность научному руководителю д. с.-х. н., профессору Белоусу Николаю Максимовичу за постоянные советы, замечания и направление в научной работе, а также д. с.-х. н., доценту Шаповалову Виктору Фёдоровичу за содействие в постановки и проведении экспериментальных исследований. А также за помощь в проведении полевого эксперимента коллективу, студентам и магистрантам кафедры агрохимии, почвоведения и экологии Брянского ГАУ.

## ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

ГЛАВА 1 АГРОХИМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ  
ВЕДЕНИЯ КОРМОПРОИЗВОДСТВА В УСЛОВИЯХ РАДИОАКТИВНО  
ЗАГРЯЗНЁННЫХ ЕСТЕСТВЕННЫХ КОРМОВЫХ УГОДИЙ

## 1.1 Значение кормопроизводства в продовольственной безопасности России

Доктриной продовольственной безопасности России на период до 2030 года, как важнейшее стратегическое направление развития народного хозяйства, предусматривается осуществить самообеспеченность народа населения России мясом и мясопродуктами в пределах до 85%, молоком и молокопродуктами до 90% (Доктрина продовольственной безопасности..., 2020).

Важнейшей проблемой продовольственной безопасности страны является уровень обеспеченности населения молочными продуктами (Анисимов и др., 2021).

Положительная динамика развития сельского хозяйства Нечерноземной зоны в основном достигается за счет интенсивного развития животноводства, представляющего значительный фактор становления современного эффективного развития территории (Кирейчева и др., 2021).

Кормопроизводство – отрасль сельского хозяйства с высоким разнообразием задач в рамках обеспечения животных качественными кормами. Наряду с главной функцией – производство кормов для животных, кормопроизводство играет важнейшую роль в экологии и развитии сельских территорий (Косолапов и др., 2022).

Важнейшим и в достаточной степени реализуемым источников производства различных кормов для нужд поголовья сельскохозяйственных животных в Российской Федерации является природные кормовые угодья, для подтверждения роли которых, можно привести пример, когда улучшение 10% их

площади в пределах страны, увеличило производство грубых и зелёных кормов соответственно 40 и 60% в общем объёме. Данные результаты свидетельствуют о положительной роли лугового кормопроизводства, а также о возможности увеличения производства не только зернофуража и зернобобовых культур, но и продовольственных и технических культур за счет освобождения соответствующей площади пашни (Косолапов, Кутузова, 2022).

Оптимизация посевных площадей и восстановление плодородия почв способны также увеличить выпуск животноводческой продукции – для обеспечения продовольственной безопасности страны (Куприянова и др., 2021).

Степные травяные экосистемы и степной чернозем являются одним из важнейших национальных богатств России, вклад в производство кормов их наиболее велик. Однако стремление распахать, приводит к увеличению эрозии почв (Трофимов и др., 2024).

Потенциал продуктивности улучшенных сенокосов и пастбищ в лесной зоне составляет 3,5-5,0 тыс. корм. ед./га, в степной зоне – 2-4 тыс. корм. ед., а при орошении – 6-8 тыс. корм. ед./га (Косолапов, Кутузова, 2022).

Саблина В. А. с соавторами, анализируя развитие и эффективности молочной отрасли Вологодской области, указывает на важность развития кормопроизводства, селекционной работы, повышения генетического потенциала скота (Саблин и др., 2023).

В условиях Среднего Поволжья наиболее распространены в кормопроизводстве мятликовые травы, которые занимают основные позиции в увеличении объёмов производства (Калиничев, Буянина, 2021).

В умеренном климатическом поясе целесообразна диверсификация видового и сортового разнообразия кормовых культур направленная на сбалансированное поступление растительного сырья в системе зеленого конвейера в структуре площадей кормовых угодий (Золотарев, 2024).

Расширение посевов многолетних бобовых трав и их смесей с мятликовыми травами – основа для развития кормопроизводства Сибири. При этом увеличение компонентного состава травосмесей до шести видов не обеспе-

чивает повышения продуктивности и азотфиксации по сравнению с парными смесями (Степанов, 2020).

Развитие животноводства в Российской Федерации невозможно без развитого кормопроизводства. В условиях светло-каштановых почвах Астраханской области при многоукосном использовании выявлена значимая роль уровней минерального питания, подбор травосмеси, обладающие высокими адаптационными возможностями и значительным уровнем потенциальной урожайности (Тютюма, Кудряшов, 2022).

Природные условия Нечерноземной зоны характеризуются благоприятностью для эффективного ведения мясомолочного скотоводства. Объемистые корма (сено, зеленые корма, силос) составляют 70-90 % рациона крупного рогатого скота.

В Нечерноземной зоне в настоящее время общая площадь сельскохозяйственных угодий составляет – 92362 тыс. га, из них на сенокосы занимают 5992 тыс. га, пастбища – 7701 тыс. га. Выявлено, что продуктивность 1 га природных кормовых угодий в среднем составляет 0,6-0,7 корм. ед., при условии применения мероприятий по их улучшению потенциал их продуктивности возрастает в 3-4 раза (Кутузова и др., 2018).

Для качественного преобразования кормопроизводства в современных условиях необходимо качественные изменения науки и техники, орудия и предметы труда, энергетическая база, технологии, организации и управления производством, которые в изменяющихся условиях, как окружающей среды, так и экономики, позволят обеспечить производство кормов, а значит, создать кормовую базу для развития животноводства (Чирков и др., 2023).

При формировании ресурсной базы кормопроизводства должны учитываться особенности системы обеспечения животноводства кормами, оценка эффекта от технико-технологической модернизации производственного процесса (Мордовин, 2021).

Системное освоение передовых научных разработок по созданию высокопродуктивных кормовых посевов и стабильному производству высо-

кокачественных объёмистых кормов, их рациональному хранению и использованию, техническая модернизация позволили увеличить среднегодовой надой на корову с 4079 до 9708 кг, или более чем в 2,3 раза (Анисимов и др., 2021).

В условиях развития рыночных отношений, для создания конкурентоспособного животноводства, существенное значение приобретает формирование устойчивой кормовой базы, которая формирует высокоэффективное производство животноводческой продукции, что, в конечном счете, обеспечивает продовольственную безопасность России (Чирков, Бабьяк, 2022).

Значительную роль в получении качественных объёмистых кормов играют пойменные естественные луга. Продуктивность и качество корма, которых зависит от флористического состава и технологий их использования (Комахин и др., 2024).

По мнению Трофимова с соавторами «приоритетное развитие кормопроизводства неразрывно связано с повышением продуктивности и устойчивости агроландшафтов, сельскохозяйственных земель, более полным использованием неисчерпаемых воспроизводимых природных ресурсов и стабильным развитием сельского хозяйства. Важнейшей задачей нашего государства является обеспечение продовольственной и экологической безопасности России» (Трофимов и др., 2018).

Отсюда следует, что производство кормов стратегически важная отрасль сельского хозяйства, от развития которой зависит не только эффективное развитие животноводства, но и экономика региона в целом. Поэтому для решения продовольственной безопасности России необходимо повышать продуктивность природных кормовых угодий и качество корма, получаемого в результате их использования. Однако, в условиях юго-запада Нечерноземья часть территории подверглась загрязнению в результате аварии на Чернобыльской АЭС и выпадению искусственных радионуклидов. Подбор тех или иных мероприятий по улучшению кормовых угодий должен опираться на получение продукции отвечающей нормативам радиационной безопасности.

## 1.2 Минеральные удобрения в реализации продуктивности кормовых угодий

В условиях Нечерноземной зоны на основе проведённых исследований на пойменных сенокосах выявлена сравнительная оценка различных систем ведения луговодства. Выявлена устойчивая зависимость продуктивности сенокосов от систем их ведения. Использование естественного плодородия для обеспечения трав элементами питания, обуславливает продуктивность на уровне 3,3 - 3,8 тыс. корм ед./га. В зависимости от применяемой системы удобрения продуктивность злаковых травостоев повышается с 3,3 тыс. до 6,9 тыс. корм. ед./га, бобово-злаковых - с 3,8 тыс. до 5,8 тыс. корм. ед./га, давая высокое качество растительной массы с содержанием сырого протеина 14,2-18,3 % (Комахин и др., 2024).

В Республике Казахстан при кормопроизводстве в основном на природно-естественных угодьях (сенокосах, пастбищах) привело к низкой продуктивности и массовой потери скота (сельскохозяйственных животных) в отдельных регионах. Выход из этого кризисного состояния - это развитие научно обоснованного кормопроизводства, особенно необходимо развивать кормовую культуру на базе многолетних злаковых трав (Оспанова и др., 2022).

Плодородие почвы на фоне систем удобрения оказывает существенное влияние на показатели структуры травостоя и урожайности семян, долголетие при их возделывании (Золотарев, 2022).

Применение минерального удобрения в условиях лесостепи Среднего Поволжья обеспечивало получение достоверных прибавок зелёной массы смешанных посевов многолетних трав (Тимошкина и др., 2022).

В исследованиях Н.Н. Бокатуро с соавторами установлено, что «в условиях юго-запада Брянской области урожайность сена многолетних трав при коренном улучшении в среднем за годы проведения исследований была выше по сравнению с поверхностным улучшением. Под влиянием агрохимических мероприятий на фоне поверхностного и коренного способа обработки

отмечено повышение значений биохимических показателей состава корма» (Бокатуро и др., 2020).

В исследованиях на аллювиальной почве выявлено, что с увеличением дозы полного минерального удобрения увеличивается биологический вынос элементов питания из почвы (Пакшина и др., 2020).

В работе С.А. Бельченко с соавторами выявлено, что «в настоящий период времени внедрение современных научно-обоснованных систем удобрения и технологий возделывания гетерогенных посевов на основе включения в их состав культур, отличающихся продуктивным долголетием, позволит решить проблему увеличения производства кормов» (Бельченко и др., 2020).

В условиях предгорья КБР установлено влияние минерального удобрения на ботанический состав смеси, её питательную ценность и продуктивность (Магомедов, Камилов, 2020).

В условиях Республики Коми выявлено, что оптимальным приёмом при возделывании бобово-злаковой травосмеси – известкование в дозе 2,5 т/га, совместно с применением минерального удобрения в дозе N60P75K75 (Чеботарев, Броварова, 2022).

В Луховицком районе Московской области в пойме реки Оки установлено влияние режима эксплуатации пойменного фитоценоза на биологию развития основных хозяйственно значимых видов многолетних мятликовых трав. Оптимизация сроков осенней уборки способствовала более полной реализации биологического потенциала природных травостоев и позволила увеличить выход продукции: сухого вещества - на 29-53%, корм. ед. - на 1300-2300, сырого протеина - на 0,25- 0,41 т/га, а также сохранить ценный видовой состав (Комахин и др., 2023)

Многие авторы для обеспечения почвы азотом, а также повышения содержания сырого протеина в корме предлагают применять сеяные травосмеси с бобовым компонентом.

При возделывании клевера ползучего в травосмесях чистый прирост азота в экосистему из атмосферы за вегетационный сезон в результате биоло-

гической фиксации может варьировать от 100 до 300 кг/га и более, что эквивалентно по прибавке урожайности внесению минеральных азотных удобрений в дозах от 150 до 350 кг/га на злаковом травостое (Золотарев, 2020).

В Тверской области на осушаемых землях изучены самовозобновляющиеся бобово-злаковые агрофитоценозы, установлено, что оптимальным соотношением многолетних бобовых (51,2%) и злаковых трав (47,5%) отличались мятликовые травостои на естественном фоне, на фоне удобрений они дали наивысшую прибавку сухой массы (Иванова и др., 2024).

В условиях южной лесостепи Западной Сибири установлено, что бобово-мятликовые травосмеси с участием канареечника тростниковидного продуктивнее его одновидовых посевов. Усложнение состава травосмесей до четырех-пяти видов не обеспечивает повышения продуктивности и азотфиксирующей способности по сравнению с парными смесями (Степанов, 2021).

Улучшение природных кормовых угодий Республики Мордовия является одним из резервов повышения производства растительного белка. В луговодстве основой в использовании биологического азота служат сеяные бобово-злаковые травостои, поэтому следует для каждой агропочвенно-климатической зоны выявить целесообразные соотношения бобовых и злаковых трав (Еряшев и др., 2024).

Для устойчивого развития лугопастбищного хозяйства в условиях изменяющегося климата на осушаемых землях необходимо использовать бобово-злаковые травостои с участием корневищных трав, которые обеспечивают высокую возможность более полного использования ресурсов мест обитания и устойчивость к агроклиматическим стрессам вегетационного периода, формируют продуктивность на уровне 3,94-5,02 т/га сухой массы и 3,2-4,2 тыс. корм. ед. на естественном месте произрастания и 4,7-6,1 т/га сухой массы и 3,9-5,0 тыс. корм. ед. по фону удобрений (Иванова и др., 2022).

В условиях Нижнего Поволжья орошение является гарантией расширения посевов многолетних бобовых и мятликовых смесей, которые являются источником высококачественных кормов для скота. Включение этой мятли-



ковой культуры в кормопроизводство региона позволяет добиться высоких и стабильных урожаев в течение 5-7 лет (Ивина, Дронова, 2022).

Проведенные научные исследования выявили, что для улучшения или создания культурных сенокосов и пастбищ на малопродуктивных засоленных, деградированных припоселковых землях лучше всего использование травосмесей с обязательным включением в компоненты бобовых культур люцерны, эспарцета и донника желтого. Проведенные результаты исследования позволяют рекомендовать производству многокомпонентные многолетние питательные бобово - злаковые травосмеси сенокосно - пастбищного использования (Уалиева и др., 2022)

Исследования проведены в Самарском ГАУ свидетельствуют о высокой продуктивности при формировании трёх- и четырёхкомпонентных травостоев с эспарцетом песчаным и люцерной посевной. Наблюдалось отчетливое увеличение всех изучаемых показателей при добавлении бобового компонента (Васин и др., 2021).

Необходимо отметить, что использования бобового компонента при возделывании травосмеси ведет к повышению продуктивности агроценоза (Пакшина и др., 2020; Васин и др., 2021; Уалиева и др., 2022), однако в условиях радиоактивного загрязнения пойм возделывание бобово-мятликовых травосмесей ведет к возможности выпадения бобовых культур из посева под действием поёмного процесса, а также получения корма с высоким содержанием радионуклидов, многие авторы обращают внимание, что бобовые накапливают  $^{137}\text{Cs}$  больше чем мятликовые травы (Шаповалов и др., 2015; Ситнов и др., 2021).

Продуктивность пойменных лугов в среднем составляет 2-3 т/га сена, применения минерального удобрения увеличивает продуктивность до 6-7 т/га (Панферов, 2008).

Многолетние мятликовые травы из-за продолжительного периода вегетации и многократного использования выносят высокие количества элементов

питания, поэтому нуждаются в систематическом применении минерального удобрения (Дышко, 2003; Пакшина и др., 2020; Чесалин, Смольский, 2022).

Эффективность минерального удобрения на кормовых угодьях зависит от многих составляющих: плодородие почвы, климатических условий, состава травостоя, способа использования, доз минерального удобрения и соотношения в них элементов питания (Кулаков, 2005; Шаповалов и др., 2011; Смольский и др., 2018; Силаев и др., 2020).

В исследованиях Л. П. Харкевич и Е. Н. Кротовой (2010), С. Ф. Чесалина с соавторами (2015), Н. М. Белоуса с соавторами (2016), С.М. Пакшиной с соавторами (2019) выявили, что главным фактором обеспечения высокой урожайности кормовых угодий является азотное удобрение.

Применение минерального удобрения в условиях радиоактивного загрязнения должно отвечать не только цели повышения продуктивности травосмесей, но и получению кормов с допустимым содержанием радионуклидов, а как указывают некоторые авторы, применение азотного удобрения ведет к повышению накопления  $^{137}\text{Cs}$  биомассой травосмеси (Смольский и др., 2018; Пакшина и др., 2019; Бокатуро и др., 2020).

### 1.3 Ведение кормопроизводства в условиях радиоактивного загрязнения

Главной целью реабилитации территорий, подвергшихся радиационному загрязнению в результате аварии на Чернобыльской АЭС, является восстановление сельскохозяйственного производства (Лукина и др., 2024). Смягчение последствий Чернобыльской аварии возможно только при использовании широкого спектра защитных мероприятий (Фесенко и др., 2021).

Ведение сельскохозяйственного производства на территориях, загрязненных радионуклидами, целесообразно только при получении экологически безопасной продукции. Для получения экологически безопасной пищевой продукции и безубыточного ведения животноводства, особенно на экологи-

чески неблагополучных территориях, необходима интенсификация кормопроизводства (Богдевич и др., 2005; Подоляк и др., 2007; Саруханов, 2021).

При этом уровень радиоактивного загрязнения сельскохозяйственной продукции при ведении хозяйственной деятельности на землях подвергшихся радиационному загрязнению зависит от множества факторов окружающей среды. Общее количество, состав и характер рассеивания радионуклидов в окружающей среде, влияет их поступление в продукцию сельскохозяйственного производства (Просьянников и др., 2000; Удалова и др., 2013; Смольский и др., 2015; Алексахин, 2016; Панов и др., 2023; 2024)

В исследованиях ряда авторов выявлено, что плодородия почв почвенный покров и биологические особенности растений растительного покрова территории подвергшейся загрязнению играют важную роль в накоплении радионуклидов (Круглов и др., 2005; Андреева и др., 2018; Кречетников и др., 2018; Алексахин, М. И. Лунев, 2021; Цыбулько и др., 2020; Воронов и др., 2023; Кузнецов и др., 2022; Фесенко и др., 2023).

В исследованиях С. И. Спиридонов с соавторами (2022) оценена интенсивность очищения корнеобитаемого слоя почвы для рассматриваемых типов агроландшафтов. Ими установлено, что в аккумулятивных агроландшафтах содержание  $^{137}\text{Cs}$  в пастбищной растительности снизится за 30 лет (с 2020 по 2050 г.) в 8 раз, в то время как для плакорных – только в 2 раза.

В условиях участков Полесской низменности Украины, Белоруссии и России, а также на территориях Среднерусской возвышенности на основе ретроспективного анализа скорости вертикальной транслокации радионуклида по профилю почв В. С. Анисимов с соавторами (2021) установил, что экологические периоды получищения корнеобитаемого слоя от  $^{137}\text{Cs}$  для гидроморфных почв, в среднем в 2 раза короче, чем для автоморфных.

Немало важную роль в накоплении радионуклидов агропродукцией играют климатические условия, которые влияют на рост и развитие растений и на миграцию радионуклидов в системе «почва-растение» (Пакшина и др., 2019; Анисимова и др., 2024; Белоус и др., 2024).

Проблемы реабилитации сельского хозяйства после аварии на ЧАЭС носят длительный и комплексный характер, при их решении необходимо учитывать уровни радиоактивного загрязнения сельскохозяйственных угодий, почвенные характеристики земель, а также хозяйственные особенности территорий (Панов и др., 2007; 2021; Ратников и др., 2019; Санжарова и др., 2016; 2020).

Применение защитных мероприятий на радиоактивной загрязненной территории, определяющее условие получение нормативно чистой продукции при ведении сельскохозяйственного производства.

Некоторые авторы в своих исследованиях выявили, что «в юго-западных районах Брянской области динамика изменения содержания  $^{137}\text{Cs}$  в продукции растениеводства и кормопроизводства во многом определялась регулярностью и особенностями проведения защитных мероприятий в районах, подвергшихся радиоактивному загрязнению» (Ратников и др., 2015; Фесенко и др., 2022; 2023).

Защитные мероприятия можно разделить на организационные, агротехнические и агрохимические приемы, они по-разному влияют на поступление радионуклидов в продукцию сельскохозяйственного производства.

К организационным мероприятиям относятся подбор видов и сортов сельскохозяйственных культур к возделыванию, севооборот, исследованиями установлено, что в тех или иных условиях радиоактивного загрязнения разные виды культур и сортов различаются в уровне накопления радионуклидов (Смольский и др., 2015; Белоус и др., 2016).

К агротехническим мероприятиям относится обработка почвы пахотных почв, коренное и поверхностное улучшение естественных кормовых угодий, исследованиями установлено, что в тех или иных условиях радиоактивного загрязнения разные виды обработки почвы по-разному влияют на накопление радионуклидов в сельскохозяйственной продукции (Белоус и др., 2013; Подоляк и др., 2017; Поцепай и др., 2019; Кузнецов и др., 2021).

К агрохимическим мероприятиям относятся применения минерального удобрения, известковых материалов и других средств химизации, исследова-

ниями установлено, что в тех или иных условиях радиоактивного загрязнения главным фактором получения сельскохозяйственной продукции с допустимым уровнем содержания радионуклидов является применение калийного удобрения (Коренев и др., 2013; Белоус и др., 2016) , при этом другие виды минерального удобрения создают благоприятные условия для роста и развития культур, что также ведет к снижению накопления поллютантов (Кузнецов и др., 2007; Харкевич, 2009; Харкевич и др., 2012; Арышева и др., 2020; Романенко и др., 2021; Свириденко и др., 2023; Белоус и др., 2024; Силаев и др., 2024).

Таким образом, при ведении кормопроизводства в условиях радиоактивного загрязнения территории для существенного снижения перехода радионуклидов из почвы в корма имеется достаточно широкий спектр защитных приемов, эффективность, которых зависит от ряда факторов. Наиболее значимые: плотность загрязнения территории радионуклидами, климатические и почвенные условия территории, а также возможности самого хозяйства применять те или иные защитные мероприятия.

Получение продукции кормопроизводства с допустимым содержанием радионуклидов, является комплексной задачей, которая должна решаться с учётом специфических почвенно-климатических и хозяйственных особенностей загрязнённой территории.

## ГЛАВА 2 ПРИРОДНЫЕ УСЛОВИЯ ТЕРРИТОРИИ ИССЛЕДОВАНИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

### 2.1 Место, объект и методы исследования

Эффективность применения минерального удобрения при возделывании сеяной мятликовой травосмеси отрабатывали в полевом многолетнем стационарном опыте на поверхностно улучшенной центральной пойме реки Ипуть Новозыбковского района Брянской области в условиях плотности радиоактивного загрязнения  $^{137}\text{Cs}$  территории более  $555 \text{ кБк/м}^2$ . В настоящее время площадь сенокосов и пастбищ с плотностью загрязнения  $^{137}\text{Cs}$  более  $555 \text{ кБк/м}^2$  около 17 тыс. га. Продолжительность поёмного процесса варьировала в зависимости от года от 1 до 8 дней.

Постановка полевого опыта и применение минерального удобрения на центральной пойме проводило согласно с общепринятыми методиками (Методикой опытов на сенокосах..., 1971; Программой и методикой исследований..., 1990).

Лабораторно-аналитические исследования, полученных в ходе полевого опыта растительных образцов, выполнены в период 2019-2021 годов на кафедре агрохимии, почвоведения и экологии ФГБОУ ВО Брянский ГАУ.

Почвенный покров полевого опыта представлен аллювиальной луговой «маломощной среднегумусной песчаной на супесчаном аллювии и имеет строение профиля: Ад – А<sub>1</sub> – В<sub>1</sub> – Вg, – Сg» (Классификации и диагностика..., 1977), по Мировой базе почвенных ресурсов (WRB), им соответствуют Fluvisols (International soil..., 2014).

Агрохимические свойства почвы полевого опыта: обменная кислотность – 5,2-5,4 ед. (слабокислая); органическое вещество – 2,1-2,7 % (повы-

шенное содержание); подвижный фосфор и калий соответственно 320-440 и 64-80 мг/кг (очень высокое и низкое содержание).

Агротехнические мероприятия поверхностного улучшения центральной поймы: дискование дернины естественного травостоя дисковой бороной в двух направлениях с последующим фрезерованием почвы, предпосевное прикатывание почвы, посев мятликовой травосмеси (овсяница луговая – 6 кг/ га, лисохвост луговой – 5 кг/га, двухкосточник тростниковый – 7 кг/ га) зернотравяной сеялкой в конце второй декады августа. В качестве абсолютного контроля использовали естественный травостой территории исследования. Площадь посевной деланки 64 м<sup>2</sup>, учётной – 21 м<sup>2</sup>, повторность – трехкратная.

Агрохимические мероприятия улучшения поймы включали применение минерального удобрения различных видов, доз и соотношений в нём элементов питания (рис. 2.1). Схема опыта: 1. Контроль (без применения минерального удобрения); 2. P60K90; 3. N90P60K90; 4. N90P60K120; 5. N90P60K150; 6. P60K120; 7. N120P60K120; 8. N120P60K150; 9. N120P60K180. В качестве минерального удобрения использовали аммиачную селитру, суперфосфат двойной, калий хлористый. После возобновления вегетации применяли полную дозу фосфорного удобрения и половину азотного и калийного удобрения, после уборки первого укоса применяли половину азотного и калийного удобрения.



Рисунок 2.1 – Применение минерального удобрения



Учёт урожайности зелёной массы сеяной мятликовой травосмеси проводили путём скашивания посевов трав и последующего взвешивания на весах и перевод в тонны на гектар. Учёт урожайности сена проводили путем высушивания с 1 м<sup>2</sup> зелёной массы до воздушно-сухого массы с последующим пересчётом (рис. 2.2). Уборку первого укоса проводили в конце июня, второго укоса – в конце августа.



Рисунок 2.2 – Отбор растительных образцов

В растительных образцах определяли биохимические показатели качества грубых кормов: каротин по Цирелю, сырой жир по обезжиренному остатку, сырую золу сжиганием и прокаливанием, сырую клетчатку весовым методом Геннеберга-Штомана в модификации ЦИНАО, сырой протеин по общему азоту при пересчете использовали коэффициент 6,25.

В растительных образцах определяли элементный состав грубых кормов: общий азот по Къельдалю, фосфор по методу Мерфи-Райли колориметрически, калий мокрым озолением по методу Гинсбург.



Баланс элементов питания при возделывании мятликовой травосмеси рассчитывали согласно принятым рекомендациям (Белоус и др., 2013).

Содержания нитратов в грубых кормах определяли ионометрическим методом.

Лабораторно-аналитические исследования проводили в центре коллективного пользования научным оборудованием Брянского ГАУ в соответствии с общепринятыми методиками (Практикум..., 2001).

Изменение экологических показателей среды и посева мятликовой травосмеси рассчитывали на основе следующих методических указаний: индекс условий среды и показатели экологической пластичности и стабильность определяли по Эберхарту и Расселлу (1966), стрессоустойчивость по А.А. Гончаренко (2005), размах урожайности ( $d$ ) – по В.А. Зыкину с соавторами (2011), коэффициент вариации – по Б.А. Доспехову (1985).

В растительных образцах определяли удельную активность  $^{137}\text{Cs}$  на комплексе универсальном спектрометрическом «Гамма Плюс» (Россия), аппаратная ошибка измерений не превышала 30% (Методические указания по определению..., 1985).

В период исследования документы, устанавливающие допустимый уровень содержания  $^{137}\text{Cs}$  в молоке и мясе соответственно не более 100 и 200 Бк/кг(л) с регламентировал Технический регламент «О безопасности пищевой продукции» Таможенного Союза (Технический регламент Таможенного..., 2011). Допустимый уровень содержания  $^{137}\text{Cs}$  в зелёной массе и сене многолетних мятликовых трав соответственно 370 и 600 Бк/кг регламентировала Инструкция о радиологическом контроле качества кормов N13-7-2/216 (Контрольные уровни содержания..., 1997).

Радиоэкологические показатели территории исследования вынос  $^{137}\text{Cs}$  с урожаем, кратность снижения  $^{137}\text{Cs}$ , коэффициент перехода из почвы в растения рассчитывали согласно методическим указаниям (Эффективность защитных мероприятий..., 2016).

Показатель агроэкологической пригодности территории рассчитывали согласно методическим указаниям (Просянных, Силаев, 1999).

Накопление  $^{137}\text{Cs}$  молоком и мясом рассчитывали через произведение хронического суточного поступления кормов (зелёная масса 50 кг, сена 5 кг), удельной активности  $^{137}\text{Cs}$  корма и равновесного коэффициента перехода радионуклида в продукцию животноводства (Фокин и др., 2011).

Величину дозы внутреннего облучения, получаемой за счет молока и мяса, рассчитывали согласно методическим указаниям (Фокин и др., 2011). Потребление молока и молочных изделий в пересчете на молоко в год принимали равными 200.8 л, мяса – 31.4 кг согласно закону Брянской области от 08.06.2001 № 45-3 (ред. от 12.10.2001) “О потребительской корзине в Брянской области”. Согласно нормам суммарная доза внесенного и внутреннего облучения не должна превышать 1000 мкЗв в год (Нормы радиационной безопасности..., 2009).

Полученные в ходе проведения полевого опыта и лабораторно-аналитических исследований данные обрабатывали по средствам дисперсного, корреляционного анализа с использованием программ Microsoft Excel и Statistika 7.0.

Экономическую эффективность минерального удобрения при возделывании сеяной мятликовой травосмеси рассчитывали на основе типовых технологических карт.

## 2.2 Агроклиматические и почвенные ресурсы территории исследования

«Брянская область расположена в западной части Восточно-Европейской равнины. Поверхность территории представляет собой слабоволнистую равнину с общим пологим уклоном с северо-востока на юго-запад с сильной эрозионной расчленённостью рельефа» (Просянных и др., 2021).

В работе Е.В. Просянного в соавторстве показано, что «климатические условия зоны проведения исследований характеризуются как умеренно-

континентальные. Многолетними наблюдениями зафиксировано, что среднегодовая температура воздуха  $+6,6^{\circ}\text{C}$ , средне годовая сумма атмосферных осадков около 650 мм. Вегетационный период в среднем составляет порядка 176-195 дней. Сумма положительных температур (выше  $5^{\circ}\text{C}$ ) составляет от 1750 до 2450  $^{\circ}\text{C}$ » (Просьянников и др., 2021).

Агрометеорологические показатели территории центральной поймы реки Ипуть в период с 2019 по 2021 годы характеризовались как типичные для региона исследования. Анализ динамики показателей термических условий и условий увлажнения вегетационного периода исследования проводили по времени уборки урожая многолетних трав.

Среднемноголетняя температура воздуха вегетационного периода (май-август) была на уровне  $18,0^{\circ}\text{C}$ , в период от возобновления вегетации до первого укоса она составила  $16,6^{\circ}\text{C}$ , в период от первого до второго укоса она возросла до  $19,4^{\circ}\text{C}$ , что говорит о более лучших термических условиях в период второго укоса. Изменчивость показателя среднемноголетней температурой воздуха вегетационного периода по месяцам была средней, коэффициент вариации равен 12%.

Средняя температура воздуха вегетационного периода годов исследования (2019-2021) составила  $19,6^{\circ}\text{C}$ , в период от возобновления вегетации до первого укоса она составила  $18,3^{\circ}\text{C}$ , в период от первого до второго укоса она возросла до  $20,9^{\circ}\text{C}$ , что говорит о более лучших термических условиях в период второго укоса. Изменчивость показателя средней за годы исследования температуры воздуха вегетационного периода была средней, коэффициент вариации равен 11%. Установили, что температура воздуха мая, июнь, июля, августа по годам исследования изменялась незначительно относительно средней, коэффициент вариации равен 3-9% (табл. 2.1).

Территория исследования характеризуется среднемноголетней суммой атмосферных осадков вегетационного периода (май-август) 276,1 мм, в период от возобновления вегетации до первого укоса она составила 125,8 мм, в период от первого до второго укоса она возросла до 150,3 мм, что говорит о

большей увлажненности в период второго укоса. Изменчивость показателя среднемноголетней суммы осадков вегетационного периода по месяцам была средней, коэффициент вариации равен 16% (табл. 2.1).

Таблица 2.1 – Агрометеорологические показатели территории исследования по месяцам вегетационного периода

Год \ Месяц	май	июнь	май-июнь	июль	август	июль-август	май-август	Коэффициент вариации, %
Средняя температура воздуха, °С								
2019	16,4	20,0	18,2	20,8	20,8	20,8	19,5	11
2020	14,9	19,1	17,0	19,7	20,9	20,3	18,7	14
2021	18,0	21,1	19,6	21,1	22,0	21,6	20,6	9
Среднее 2019-2021	16,4	20,1	18,3	20,5	21,2	20,9	19,6	11
Коэффициент вариации, %	9	5	7	4	3	3	5	–
Среднемноголетняя	14,9	18,3	16,6	20,0	18,7	19,4	18,0	12
Сумма атмосферных осадков, мм								
2019	87,8	44,1	131,9	113,4	83,9	197,3	329,2	35
2020	43,4	46,6	90,0	157,0	37,1	194,1	284,1	81
2021	13,3	78,9	92,2	145,6	13,6	159,2	251,4	101
Среднее 2019-2021	48,2	56,5	104,7	138,7	44,9	183,5	288,2	62
Коэффициент вариации, %	78	34	23	16	80	12	14	–
Среднемноголетняя	54,0	71,8	125,8	80,8	69,5	150,3	276,1	16
Гидротермический коэффициент								
2019	1,9	0,7	1,3	1,8	1,4	1,6	1,5	38
2020	1,0	0,8	0,9	2,6	0,7	1,7	1,3	70
2021	0,2	1,4	0,8	2,2	0,2	1,2	1,0	98
Среднее 2019-2021	1,0	1,0	1,0	2,2	0,8	1,5	1,2	51
Коэффициент вариации, %	85	38	26	18	75	18	21	–
Среднемноголетняя	1,1	1,3	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	7

Среднее количество выпавших атмосферных осадков за вегетационный период годов исследования (2019-2021) составило 288,2 мм, в период от воз-

обновления вегетации до первого укоса оно составило 104,7 мм, в период от первого до второго укоса она возросла до 183,5 мм, что говорит от большей обеспеченности влагой в период второго укоса. Изменчивость показателя среднего выпадения атмосферных осадков за вегетационный период была значительной, коэффициент вариации равен 62%. Установили, что количество выпавших осадков за май, июнь, августа по годам исследования изменялась значительно, относительно средней величины, коэффициент вариации равен 34-80%, а за июль средне относительно средней величины, коэффициент вариации равен 16% (табл. 2.1).

Значения гидротермического коэффициента в годы проведения полевых исследований имели некоторые колебания в течение вегетационного периода. Так, 2019 год по гидротермическим условиям характеризовался, как влажный, 2020 год слабо засушливый, а 2021 год был засушливым, соответственно значения гидротермического коэффициента были 1,5, 1,3 и 1,0.

Отметили высокую изменчивость гидротермических условия, как по годам исследования, так и по месяцам годов исследования, коэффициент вариации был больше 10%.

Таким образом, различия в условиях вегетации непременно отразятся прямо в урожайности сеяной мятликовой травосмеси, так и косвенно, по средствам эффективности применения минерального удобрения.

Территория центральной поймы реки Ипуть Новозыбковского района Брянской области представлена типичными аллювиальными почвами юго-западной части Брянской области.

Анализ распределения аллювиальных почв региона исследования по почвенному плодородию, позволяет рекомендовать мероприятия по расширенному воспроизводству плодородия почв и защитным мероприятиям при производстве на данных почвах продукции кормопроизводства в условиях радиоактивного загрязнения.

Почвенный покров территории исследований представлен дерново-подзолистой песчаной и супесчаной почвой и аллювиальной луговой слои-

стой супесчаной почвой. По данным Г.Т. Воробьева «около 25 % площади сельскохозяйственных территорий Брянской области приходится на долю данных почв, в юго-западных районах данные почвы они преобладают в почвенном покрове» (Воробьев, 1993). Так как полевые исследования проведены в условиях центральной поймы рек Ипуть, поэтому наши изыскания по материалам докладов и различного рода презентаций центра агрохимрадиологии «Брянский» проведены по аллювиальным почвам, на которых расположены сенокосы и пастбища естественного происхождения.

Анализируя показатель обменной кислотности почв кормовых угодий выявили, что средневзвешенный показатель  $pH_{KCl}$  по региону равен 5,45 ед. На долю кормовых угодий с сильно-, средне- и слабокислой реакцией почвенного раствора – 52 % территории области, на этих территориях складывается неблагоприятная обстановка. На долю сенокосов и пастбищ с близко нейтральной и нейтральной реакцией почвенного раствора приходится 48 %.

В условиях повышенной кислотности и радиоактивного загрязнения действенным является применение известкового материала, особенно местных агроруд (Прудников, 2007; Леонова, Прудников, 2014; Прудников и др., 2022), что позволит не только уменьшить обменную кислотность, но и снизить переход из почвы в растения радионуклидов.

Анализируя состояние почв кормовых угодий по содержанию подвижного фосфора установлено, что средневзвешенный показатель по региону равен 91 мг/кг, данный показатель относится к группе по содержанию – среднее. На долю кормовых угодий с оптимальным содержанием подвижного фосфора приходится 33 % территории Брянской области.

Анализируя состояние почв кормовых угодий по содержанию подвижного калия установлено, что средневзвешенный показатель по региону равен 68 мг/кг, данный показатель относится к группе по содержанию – низкое. На долю кормовых угодий с низким содержанием обменного калия приходится 75 % территории Брянской области.

Для обеспечения почв калием необходимо применять калийные удобрения в рекомендованных дозах, в зависимости биологии культуры возделывания, почвенного плодородия и радиоактивного загрязнения (Маркина и др., 2006; Чесалин и др., 2020).

Анализируя состояние почв кормовых угодий по содержанию гумуса установлено, что средневзвешенный показатель по региону равен 2,02 %, показатель относится к группе по содержанию – повышенное.

На долю кормовых угодий с очень низким и низким содержанием гумуса приходится соответственно 17 и 26 % территории Брянской области, на данных площадях неблагоприятная обстановка по содержанию гумуса.

Почвы сенокосов и пастбищ, в общем, обладают низким естественным плодородием, которое возможно улучшить, проводя мероприятия по улучшению земель данных категорий.

Объективная оценка уровня радиоактивного загрязнения территории необходима для ведения кормопроизводства с целью получения кормов с допустимым содержанием радионуклидов. Сравнивая динамику плотности загрязнения  $^{137}\text{Cs}$  территории Брянской области обнаружили, что под действием радиоактивного распада, частично перехода в сельскохозяйственную продукцию или миграцию в профиле почвы, в настоящее время происходит снижение радиоактивного загрязнения (Фесенко и др., 2022; Чесалин, Смольский, 2022).

Анализируя состояние почв кормовых угодий по плотности загрязнения  $^{137}\text{Cs}$  почв установлено, что средневзвешенный показатель по региону равен 260 кБк/м<sup>2</sup>. На долю кормовых угодий с плотность загрязнения  $^{137}\text{Cs}$  почв выше 555 кБк/м<sup>2</sup> приходится 14,5 % территории Брянской области или 19,3 тыс. га.

Отсюда следует, что до момента использования кормовых угодий без ограничений по радиационной безопасности, все ещё далеко, даже при улучшающейся радиационная обстановка в Брянской области, получение продукции сельского хозяйства с допустимым уровнем радионуклидов будет зависеть от объёма применяемых защитных мероприятий.

## ГЛАВА 3 ЭФФЕКТИВНОСТЬ МИНЕРАЛЬНОГО УДОБРЕНИЯ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ МЯТЛИКОВОЙ ТРАВΟΣМЕСИ

### 3.1 Урожайность сеяной мятликовой травосмеси пойменного луга

Эффективность применения минерального удобрения определяется количественными и качественными показателями получаемой продукции кормопроизводства. Урожайность количественный показатель, зависящий от многих факторов, агроклиматических условий, биологии возделываемых культур, почвенных условий, а также антропогенного воздействия на агроценоз, по средствам организационных, агротехнических и агрохимических мероприятий.

Пойменные кормовые угодья характеризуется продуктивностью в широких пределах от 1,5 до 15 т/га воздушно-сухой массы, в зависимости от природно-климатических условий, уровнем использования (Просьянников и др., 2011; 2012; Торикив и др., 2022).

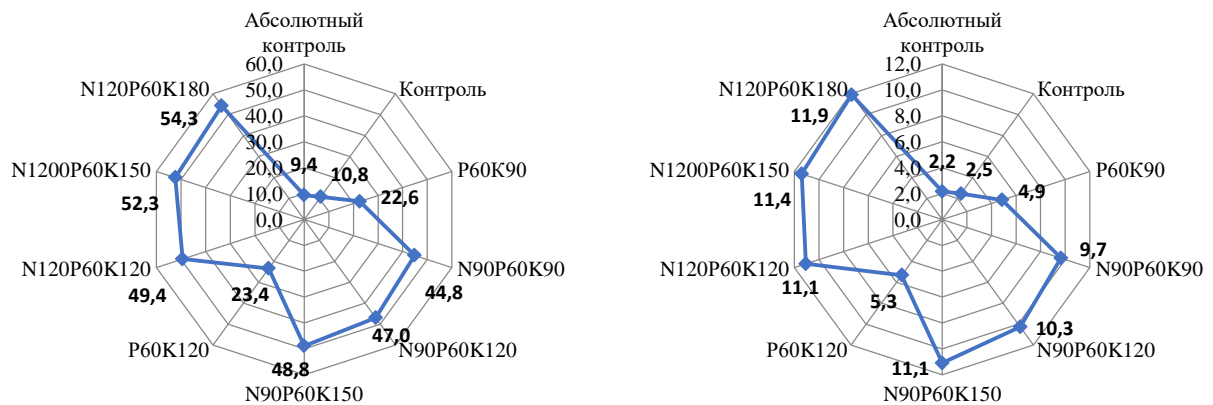
В зависимости от использования пойменных кормовых угодий в качестве пастбища или сенокоса продукцией кормопроизводства будет зелёная масса или сено травостоя. Зная продуктивность территории, возможно, контролировать интенсивность выпаса скота или использовать территорию в заготовке сочных или грубых кормов. Тем самым снизив нагрузку на пашню по заготовке кормов.

В качестве абсолютного контроля изучали продуктивность естественного травостоя, с мая по август в условия центральной поймы реки Ипуть в среднем за годы исследования получали урожай зелёной массы 9,4 и сена 2,2 т/га за два укоса (рис. 3.1). Необходимо отметить, что полученный урожай естественного травостоя содержал 10-15% в зависимости от года иссле-



дования разнотравья, на хозяйственные ценные растения (мятликовые, бобовые) приходилось 85-90%.

В исследованиях Силаева с соавторами (2024) установлено, что содержания разнотравья в общей биомассе естественных трав колеблется от 20 до 80 % в зависимости от уровня хозяйственного использования, при увеличении которого снижается доля разнотравья.



зелёная масса

сено

Рисунок 3.1 – Продуктивность центральной поймы р. Ипуть в зависимости от антропогенных мероприятий улучшения, за 2019-2021 годы

Поверхностное улучшение центрального луга по средствам дискования поверхности почвы с дальнейшей подготовкой почвы к последующему посеву мятликовой травосмеси незначительно повышает продуктивность кормового угодья, соответственно на 15 и 13 % зелёной массы и сена за два укоса в сравнении с абсолютным контролем (рис. 3.1).

Возделывание мятликовой травосмеси с применением фосфорно-калийного удобрения повышает продуктивность сена до 2,2 и зелёной массы до 2,1 раз сеяного травостоя в сравнении с контролем (вариант без применения минерального удобрения), видимо данное повышение, связано с низким содержанием калия в почве территории исследования, которое ограничивает урожайность.

Применение полного минерального удобрения при возделывании мятликовой травосмеси повышало продуктивность сеяного травостоя зелёной

массы до 5,0, сена до 4,8 раз в сравнении с контролем (вариант без применения минерального удобрения), данное повышение, связано применением азотного удобрения, которое является основным фактором повышения продуктивности сельскохозяйственных культур.

В зависимости от использования центрального пойменного луга (пастбища или сенокос) исследовали эффективность минерального удобрения, доз, соотношения элементов питания, видов в различных климатических условиях и периоды уборки урожая. Высокие дозы калийного удобрения в системе удобрения обусловлено радиоактивным загрязнением территории и низким его содержанием в почве.

Посев мятликовой травосмеси на поверхностно улучшенном пойменном лугу обуславливает получения урожая зелёной массы на контроле соответственно первого и второго укосов 7,3-8,1 и 2,9-3,3 т/га в зависимости от погодных условий года исследования (табл. 3.1).

Таблица 3.1 – Урожайность зелёной массы сеяной травосмеси при поверхностном улучшении центральной поймы по годам исследования

Вариант	Год						Коэффициент вариации, %	
	2019		2020		2021			
	1 укос	2 укос	1 укос	2 укос	1 укос	2 укос	1 укос	2 укос
Контроль	7,8	2,9	7,3	3,1	8,1	3,3	5,2	6,5
P60K90	13,8	7,1	15,8	6,9	16,3	7,8	8,6	6,5
N90P60K90	29,3	18,7	25,7	16,8	26,4	17,6	7,0	5,4
N90P60K120	29,8	19,2	27,6	17,6	28,2	18,5	4,0	4,4
N90P60K150	30,6	19,5	28,5	18,7	29,4	19,8	3,6	2,9
P60K120	12,8	6,8	15,8	8,4	17,2	9,1	14,7	14,6
N120P60K120	30,5	23,6	27,3	18,8	28,6	19,4	5,6	12,7
N120P60K150	31,9	24,3	29,4	20,9	29,2	21,3	5,0	8,4
N120P60K180	32,3	25,7	30,1	21,6	29,9	23,2	4,3	8,8
<i>HCP<sub>05</sub></i>	<i>0,8</i>	<i>1,1</i>	<i>3,1</i>	<i>1,3</i>	<i>0,9</i>	<i>1,4</i>	—	—

При применении агротехнических и организационных мероприятий, поверхностное улучшение и посев мятликовой травосмеси, за годы исследования установили незначительную изменчивость показателя урожайности в период первого и второго укосов, коэффициент вариации был меньше 10%.

Наиболее оптимальный год по природно-климатическим условиям был 2021, когда был получен урожай первого и второго укосов зелёной массы сеяного травостоя соответственно 8,1 и 3,3 т/га (табл. 3.1).

Возделывание сеяной мятликовой травосмеси с применением фосфорно-калийного P60K45-60 и калийного K45-60 удобрения соответственно под первый и второй укосы обуславливает получение урожая зелёной массы 12,8-17,2 и 6,8-9,1 т/га в зависимости от погодных условий года исследования. В период исследования установили незначительную изменчивость показателя урожайности в период первого и второго укосов при применении фосфорно-калийного и калийного удобрения в дозах P60K45 и K45, при применении фосфорно-калийного и калийного удобрения в дозах P60K60 и K60 наблюдали среднюю изменчивость. Наиболее эффективным применением фосфорно-калийного и калийного удобрения было в 2021 году, оптимальный по природно-климатическим условиям, урожайность зелёной массы сеяного травостоя была на уровне 17,2 и 9,1 т/га соответственно первого и второго укосов (табл. 3.1).

Применение полного минерального N45-60P60K45-60 и азотно-калийного N45-60K45-60 удобрения соответственно под первый и второй укосы при возделывании сеяной мятликовой травосмеси обуславливает в зависимости от погодных условий года исследования урожайность зелёной массы 25,7-32,3 и 16,8-2,5 т/га. В период исследования установили незначительную изменчивость показателя урожайности в период первого и второго укосов при применении полного минерального и азотно-калийного удобрения в исследуемых дозах, за исключением дозы N60P60K60, при применении которой наблюдали среднюю изменчивость. Наиболее эффективным применением полного минерального и азотно-калийного удобрения было в 2019 году, оптимальный по природно-климатическим условиям, урожайность зелёной массы сеяного травостоя была на уровне 32,3 и 25,7 т/га соответственно первого и второго укосов.

Погодные условия годов исследования влияют на эффективность применения минерального удобрения. При этом установили, что в независимо-

сти от погодных условий применение минерального удобрения достоверно повышало урожайность зелёной массы в период первого и второго укосов в сравнении контрольным вариантом.

В период первого укоса применение возрастающих доз фосфорно-калийного удобрения от P60K45 до P60K60 в 2019 году достоверно снижало урожайность зелёной массы сеяной мятликовой травосмеси, в 2020 и 2021 годах достоверной разницы от применения удобрения не обнаружили.

Применение возрастающих доз калийного удобрения от K45 до K60 в составе N45P60 достоверно повышало урожайность зелёной массы сеяной мятликовой травосмеси в 2019 и 2021 годах, в 2020 году достоверной разницы от применения удобрения не обнаружили.

Применение возрастающих доз калийного удобрения от K60 до K90 в составе N60P60 достоверно повышало урожайность зелёной массы сеяной мятликовой травосмеси в 2019 и 2021 годах, в 2020 году достоверной разницы от применения удобрения не обнаружили.

Достоверной разницы от применения возрастающих доз азотного удобрения от N45 до N60 в составе P60K60 в повышении урожайности зелёной массы сеяной мятликовой травосмеси не обнаружили (табл. 3.1).

В период второго укоса применение возрастающих доз калийного удобрения от K45 до K60 достоверно повышало урожайность зелёной массы сеяной мятликовой травосмеси в 2020 году, в 2019 и 2021 годах достоверной разницы от применения удобрения не обнаружили.

Применение возрастающих доз калийного удобрения от K45 до K60 в составе N45 достоверно повышало урожайность зелёной массы сеяной мятликовой травосмеси в 2020 и 2021 годах, в 2019 году достоверной разницы от применения удобрения не обнаружили.

Применение возрастающих доз калийного удобрения от K60 до K90 в составе N60 достоверно повышало урожайность зелёной массы сеяной мятликовой травосмеси в 2019 и 2021 годах, в 2020 году достоверной разницы от применения удобрения не обнаружили.

Применение возрастающих доз азотного удобрения от N45 до N60 в составе K60 достоверно повышало урожайность зелёной массы сеяной мятликовой травосмеси в 2019 году, в 2020 и 2021 годах достоверной разницы от применения удобрения не обнаружили (табл. 3.1).

Таким образом, выявили, что погодные условия по-разному влияют на эффективность минерального удобрения в получении урожая зелёной массы сеяной мятликовой травосмеси. В зависимости от погодных условий одни и те же дозы минерального удобрения как достоверно повышают урожайность зелёной массы сеяной мятликовой травосмеси, так и не оказывают существенного влияния на повышение.

Для оценки вклада отдельных элементов питания в повышения урожайности зелёной массы сеяной мятликовой травосмеси провели корреляционный анализ (рис. 3.2).

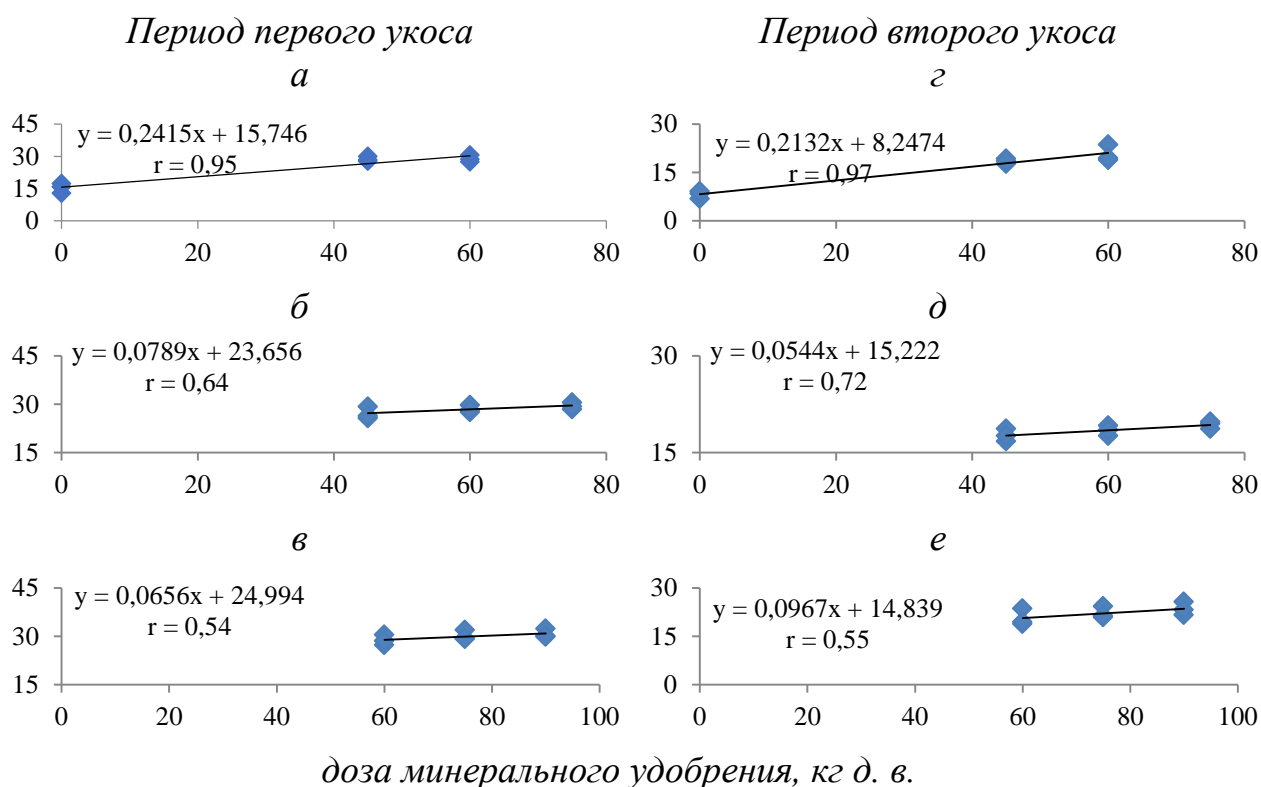


Рисунок 3.2 – Корреляционная зависимость ( $n = 9$ ) урожайности (т/га) зелёной массы сеяной мятликовой травосмеси от доз минерального удобрения (кг д.в.), (2019-2021 год исследований):

а – дозы азотного удобрения на фоне  $P_{60}K_{60}$ , б – дозы калийного удобрения на фоне  $N_{45}P_{60}$ , в – дозы калийного удобрения на фоне  $N_{60}P_{60}$ , г – дозы азотного удобрения на фоне  $K_{60}$ , д – дозы калийного удобрения на фоне  $N_{45}$ , е – дозы калийного удобрения на фоне  $N_{60}$ .

Установили, что вне зависимости от периода уборки урожая, применение возрастающих доз азотного удобрения по фону фосфорно-калийного или калийного удобрения имеет сильную положительную связь с повышением урожайности зелёной массы,  $r = 0,95-0,97$ .

Применение возрастающих доз калийного удобрения от K45 до K75 и от K60 до K90 по фону азотно-фосфорного удобрения имеет среднюю положительную связь с повышением урожайности первого укоса зелёной массы,  $r = 0,54-0,64$ .

Применение возрастающих доз калийного удобрения от K45 до K75 и от K60 до K90 по фону азотного удобрения имеет соответственно сильную и среднюю положительную связь с повышением урожайности второго укоса зелёной массы,  $r = 0,55-0,72$ .

Итак, выявили, что основным элементом, отвечающий за повышение урожайности зелёной массы сеяной мятликовой травосмеси, является азот, калий имеет среднюю связь в повышении урожайности, по нашему мнению это связано с низким его содержанием в почве территории исследования.

Обобщающий показатель, который характеризует статистические значения за период исследования, является средняя величина, она позволяет сравнить эффективность минерального удобрения при возделывании сеяной мятликовой травосмеси в изменяющихся условиях среды годов исследования.

В среднем за период исследования при проведении поверхностного улучшения центральной поймы и посеве мятликовой травосмеси урожайность зелёной массы первого и второго укоса соответственно составила 7,3 и 3,1 т/га. Снижение урожайности в 2,4 раза в период второго укоса мы связываем с природно-климатическими условиями периодов роста и развития растений, выраженную в снижении использования элементов питания из почвы.

Применение фосфорно-калийного и калийного удобрения при возделывании сеяной мятликовой травосмеси достоверно повышает урожайность зелёной массы первого и второго укоса соответственно в 2,0 и 2,6 раза в сравнении контролем. Разницы между дозами минерального удобрения в по-

вышении урожайности зелёной массы в период первого и второго укосов не обнаружили (рис. 3.3).

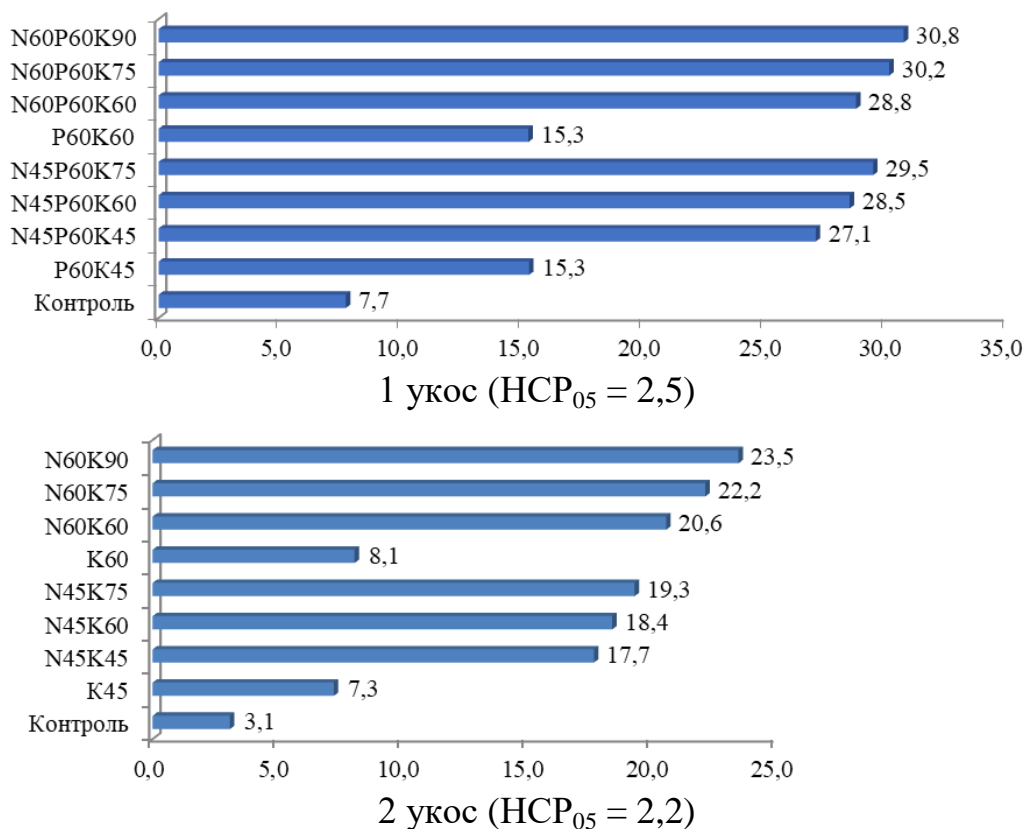


Рисунок 3.3 – Урожайность зелёной массы сеяной травосмеси при поверхностном улучшении центральной поймы (среднее за 2019-2021 годы), т/га

Применение возрастающих доз от N45P60K45 до N60P60K60 полного минерального и от N45K45 до N60K60 азотно-калийного удобрения достоверно повышает урожайность зелёной массы сеяной мятликовой травосмеси первого и второго укоса соответственно в 3,7 и 6,6 раза в сравнении контролем и в 1,9 и 2,5 раза в сравнении с P60K45-60 до K45-60. Значимых различий в повышении урожайности зелёной массы в период первого укоса между дозами полного минерального удобрения не выявили, в период второго укоса возрастающие от N45K45 до N60K60 дозы азотно-калийного удобрения значительно различались между собой в повышении урожайности (рис. 3.3).

Повышение доз калийного удобрения в полном минеральном и азотно-калийном удобрении достоверно повышает урожайность зелёной сеяной мятликовой травосмеси массы первого и второго укоса соответственно в 4,0 и 7,6 раза в сравнении контролем и в 2,0 и 2,9 раза в сравнении с фосфорно-

калийным и калийным удобрением. Значимых различий в повышении урожайности зелёной массы в период первого укоса от возрастающих доз калийного в полном минеральном удобрении не выявили, в период второго укоса возрастающие дозы калийного K60-90 в азотно-калийном удобрении значительно различались между собой в повышении урожайности (рис. 3.3).

Для определения эффективности минерального удобрения при возделывании сеяной мятликовой травосмеси мы использовали показатель окупаемости, который показывает затраты удобрения на создания прибавки урожая (табл. 3.2).

Таблица 3.2 – Прибавка урожая зелёной массы сеяной травосмеси при поверхностном улучшении центральной поймы и её окупаемость (среднее за 2019-2021 годы)

Вариант	Прибавка от удобрения			Окупаемость прибавки урожая от минерального удобрения, кг / кг д. в.
	минерального	азотного	калийного	
1 укос				
Контроль	0,0	—	—	—
P60K45	7,6	—	—	72,4
N45P60K45	19,4	11,8	—	129,6
N45P60K60	20,8	—	1,4	126,3
N45P60K75	21,8	—	2,4	121,1
P60K60	7,6	—	—	63,1
N60P60K60	21,1	13,5	—	117,2
N60P60K75	22,5	—	1,4	115,2
N60P60K90	23,1	—	2,0	109,8
2 укос				
Контроль	—	—	—	—
K45	4,2	—	—	92,6
N45K45	14,6	10,4	—	162,2
N45K60	15,3	—	0,7	146,0
N45K75	16,2	—	1,6	135,3
K60	5,0	—	—	83,3
N60K60	17,5	12,5	—	145,8
N60K75	19,1	—	1,6	141,2
N60K90	20,4	—	2,9	136,0



В ходе расчёта, отдачи затрат применения минерального удобрения прибавкой урожая зелёной массы установили, что наибольшую окупаемость 129,6 кг / кг д.в. в период первого укоса получили при применении полного минерального удобрения в дозе N45P60K45, повышение соотношения калия к азоту в составе удобрения вело к снижению окупаемости. Применение фосфорно-калийного удобрения, снижало окупаемость до 1,8 раз в сравнении с полным минеральным удобрением. Повышение доз азотного и калийного удобрения в составе минерального удобрения снижало окупаемость на 10 %.

Применение азотно-калийного удобрения в дозе N45K45 обуславливает наибольшую окупаемость 162,2 кг / кг д. в. зелёной массы второго укоса, увеличение соотношения калия к азоту в удобрении снижает окупаемость удобрения до 1,8 раз в сравнении с азотно-калийным удобрением. Повышение доз азотного и калийного удобрения в составе минерального удобрения снижало окупаемость на 9 %.

Окупаемость прибавки урожая второго укоса от минерального удобрения выше, чем окупаемость прибавки урожая первого укоса, что, безусловно связано использованием фосфорного удобрения, отдача от которого не соизмерима с количеством его применения. Несмотря на то, что урожайность первого укоса сеяной мятликовой травосмеси в силу благоприятных условий в 1,5 и более, выше второго укоса, но эффективность минерального удобрения в период второго укоса выше.

Посев мятликовой травосмеси на поверхностно улучшенном пойменном лугу в зависимости от погодных условий года обуславливает урожайность сена соответственно первого и второго укосов 1,69-1,88 и 0,61-0,73 т/га. Агро-технические и организационные мероприятия в период исследований обуславливают незначительную изменчивость показателя урожайности первого и второго укосов сена, коэффициенты вариации были меньше 10%.

Наиболее оптимальные природно-климатическим условиям были в 2021 году, когда урожайность сена первого и второго укосов сеяного травостоя была на уровне 1,88 и 0,73 т/га (табл. 3.3).

Таблица 3.3 – Урожайность сена сеяной травосмеси при поверхностном улучшении центральной поймы по годам исследования

Вариант	Год						Коэффициент вариации, %	
	2019		2020		2021			
	1 укос	2 укос	1 укос	2 укос	1 укос	2 укос	1 укос	2 укос
Контроль	1,81	0,61	1,69	0,65	1,88	0,73	5,4	9,2
P60K90	3,12	1,42	3,46	1,31	3,66	1,62	8,0	10,8
N90P60K90	6,59	3,87	5,78	3,35	5,94	3,42	7,0	8,0
N90P60K120	6,72	4,32	6,21	3,61	6,34	3,58	4,1	10,9
N90P60K150	6,93	4,43	6,41	4,22	6,61	4,68	3,9	5,2
P60K120	2,97	1,67	3,66	1,77	3,99	1,91	14,7	6,8
N120P60K120	6,86	5,22	6,14	4,34	6,43	4,25	5,6	11,6
N120P60K150	6,95	5,46	6,61	4,53	6,34	4,35	4,6	12,5
N120P60K180	7,04	5,88	6,77	4,65	6,61	4,77	3,2	13,3
<i>HCP<sub>05</sub></i>	<i>0,05</i>	<i>0,59</i>	<i>0,08</i>	<i>0,14</i>	<i>0,10</i>	<i>0,08</i>	—	—

Возделывание сеяной мятликовой травосмеси с использованием фосфорно-калийного и калийного удобрения обуславливает урожайность сена соответственно первого и второго укосов 2,97-3,99 и 1,31-1,91 т/га в зависимости от погодных условий года исследования. В период исследования установили незначительную изменчивость показателя урожайности сена первого и второго укосов соответственно при применении удобрения в дозах P60K45 и K60, применение удобрения в дозах P60K60 и K45 обуславливает среднюю изменчивость. В природно-климатических условиях 2021 года применение фосфорно-калийного и калийного удобрения было наиболее эффективным, установили урожайность сена первого и второго укосов сеяного травостоя на уровне 3,99 и 1,91 т/га (табл. 3.3).

Возделывание сеяной мятликовой травосмеси с использованием полного минерального и азотно-калийного удобрения обуславливает урожайность сена первого и второго укосов 5,78-7,04 и 3,35-5,88 т/га в зависимости от погодных условий года исследования. В период исследования установили незначительную изменчивость показателя урожайности сена в период первого укоса при применении полного минерального удобрения в исследуемых дозах. При применении азотно-калийного удобрения под второй укос наблюда-

ли среднюю изменчивость, исключение составили дозы N45K45 и N45K75, когда выявили незначительную изменчивость. Наиболее эффективным применением полного минерального и азотно-калийного удобрения было в 2019 году, оптимальный по природно-климатическим условиям, урожайность сена сеяного травостоя была на уровне 7,04 и 5,88 т/га соответственно первого и второго укосов.

Погодные условия годов исследования влияют на эффективность применения минерального удобрения. При этом установили, что в независимости от погодных условий применение минерального удобрения достоверно повышало урожайность сена в период первого и второго укосов в сравнении контрольным вариантом.

В период первого укоса применение возрастающих доз фосфорно-калийного удобрения от P60K45 до P60K60 в 2019 году достоверно снижало, а в 2020 и 2021 годах достоверно повышало урожайность сена сеяной мятликовой травосмеси.

Применение возрастающих доз калийного удобрения от K45 до K60 в составе N45P60 и от K60 до K90 в составе N60P60 достоверно повышало урожайность сена сеяной мятликовой травосмеси в годы исследования.

Применение возрастающих доз азотного удобрения от N45 до N60 в составе P60K60 достоверно повышало урожайность сена сеяной мятликовой травосмеси в 2019 году, а в 2020 и 2021 годах достоверной разницы в повышении не обнаружили (табл. 3.3).

В период второго укоса применение возрастающих доз калийного удобрения от K45 до K60 достоверно повышало урожайность сена сеяной мятликовой травосмеси в 2020 и 2021 годах, в 2019 году достоверной разницы от применения удобрения не обнаружили.

Применение возрастающих доз калийного удобрения от K45 до K60 в составе N45 достоверно повышало урожайность сена сеяной мятликовой травосмеси в 2020 и 2021 годах, в 2019 году достоверной разницы от применения удобрения не обнаружили.

Применение возрастающих доз калийного удобрения от K60 до K90 в составе N60 достоверно повышало урожайность сена сеяной мятликовой травосмеси в годы исследования.

Применение возрастающих доз азотного удобрения от N45 до N60 в составе K60 достоверно повышало урожайность сена сеяной мятликовой травосмеси в годы исследования (табл. 3.3).

Таким образом, выявили, что погодные условия по-разному влияют на эффективность минерального удобрения в получении урожая сена сеяной мятликовой травосмеси. В зависимости от погодных условий одни и те же дозы минерального удобрения как достоверно повышают урожайность сена сеяной мятликовой травосмеси, так и не оказывают существенного влияния на повышение.

Для оценки вклада отдельных элементов питания в повышения урожайности сена сеяной мятликовой травосмеси провели корреляционный анализ (рис. 3.4).

Установили, что вне зависимости от периода уборки урожая, применение возрастающих доз азотного удобрения по фону фосфорно-калийного или калийного удобрения обуславливает сильную положительную связь с увеличением урожайности сена первого и второго укосов,  $r = 0,95-0,96$ .

Применение возрастающих доз калийного удобрения от K45 до K75 и от K60 до K90 по фону азотно-фосфорного удобрения обуславливает среднюю положительную связь с увеличением урожайности сена первого и второго укосов,  $r = 0,48-0,64$ .

Применение возрастающих доз калийного удобрения от K45 до K75 и от K60 до K90 по фону азотного удобрения имеет соответственно сильную и среднюю положительную связь с повышением урожайности второго укоса сена,  $r = 0,38-0,80$ .

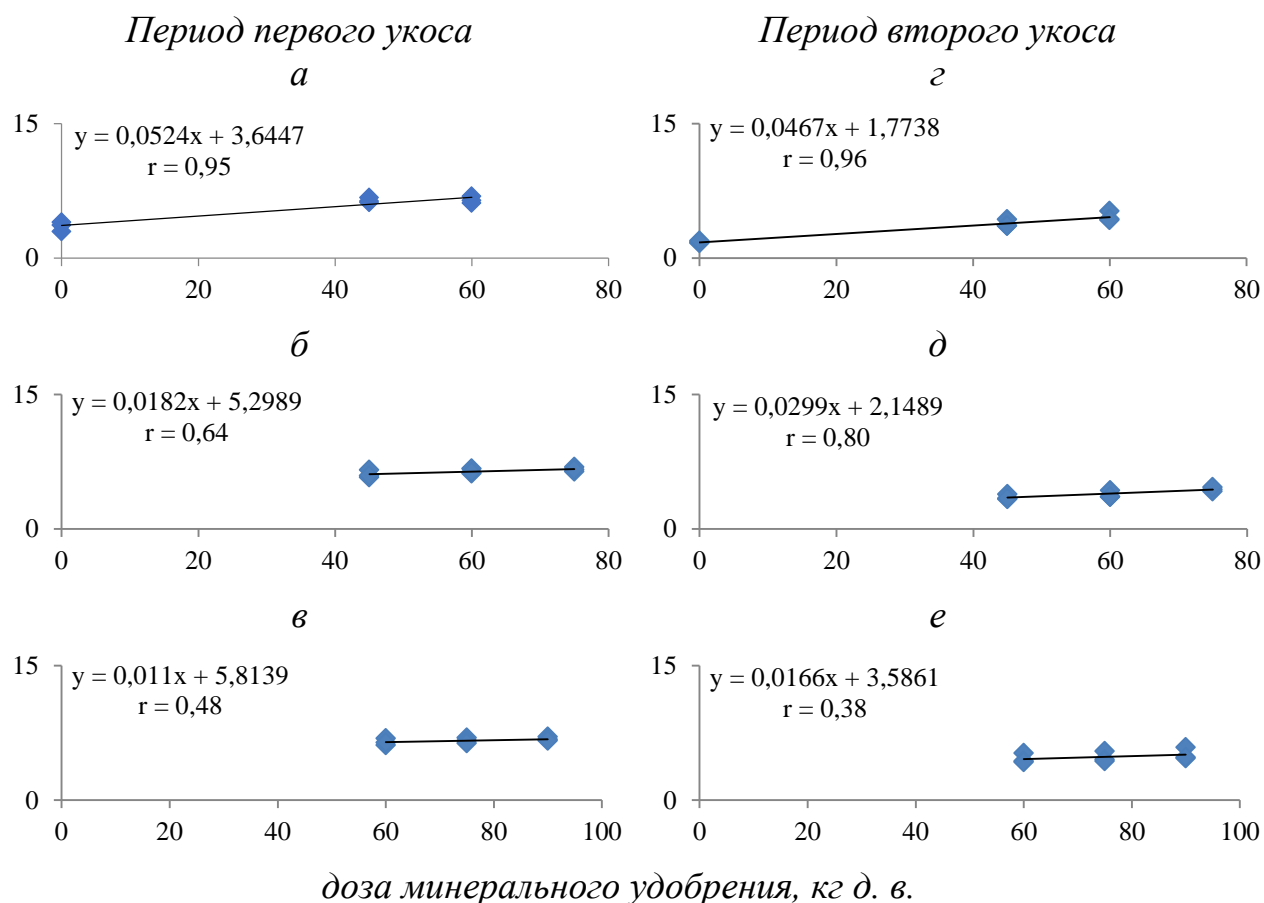


Рисунок 3.4 – Корреляционная зависимость ( $n = 9$ ) урожайности (т/га) сена сеяной мятликовой травосмеси от доз минерального удобрения (кг д.в.), (2019-2021 год исследований):

а – дозы азотного удобрения на фоне  $P_{60}K_{60}$ , б – дозы калийного удобрения на фоне  $N_{45}P_{60}$ , в – дозы калийного удобрения на фоне  $N_{60}P_{60}$ , г – дозы азотного удобрения на фоне  $K_{60}$ , д – дозы калийного удобрения на фоне  $N_{45}$ , е – дозы калийного удобрения на фоне  $N_{60}$ .

Итак, выявили, что основной элемент, отвечающий за повышение урожайности сена сеяной мятликовой травосмеси, является азот, калий имеет среднюю связь в повышении урожайности, по нашему мнению это связано с биологическими особенностями мятликовых трав и низким его содержанием в почве территории исследования.

В среднем за годы исследования при проведении поверхностного улучшения центральной поймы и посеве мятликовой травосмеси урожайность сена первого и второго укоса соответственно составила 1,79 и 0,66 т/га. Снижение урожайности сена в 2,7 раза в период второго укоса мы связываем с природно-климатическими условиями периодов роста и развития растений, выраженную в снижении использования элементов питания из почвы.

Возделывание сеяной мятликовой травосмеси с использованием фосфорно-калийного и калийного удобрения достоверно повышает урожайность сена первого и второго укоса в 2,0 и 2,7 раза в сравнении контрольным вариантом. Значимых различий в повышении урожайности сена в период первого и второго укосов между исследуемыми дозами минерального удобрения не выявили (рис. 3.5).

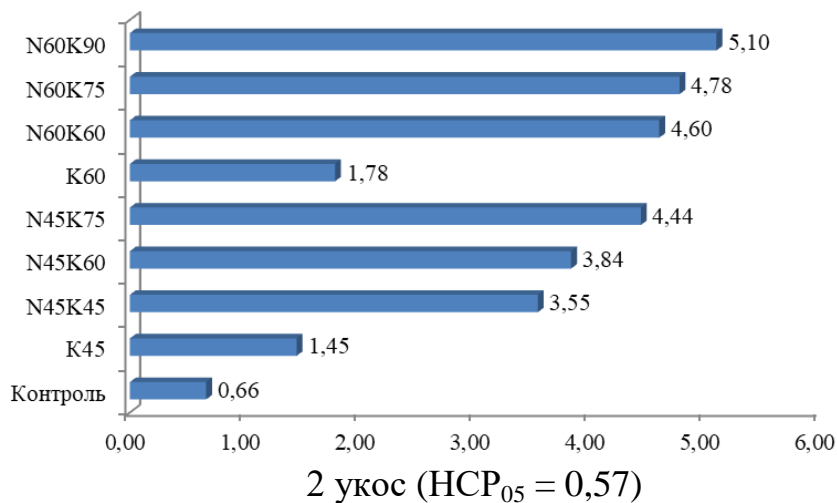
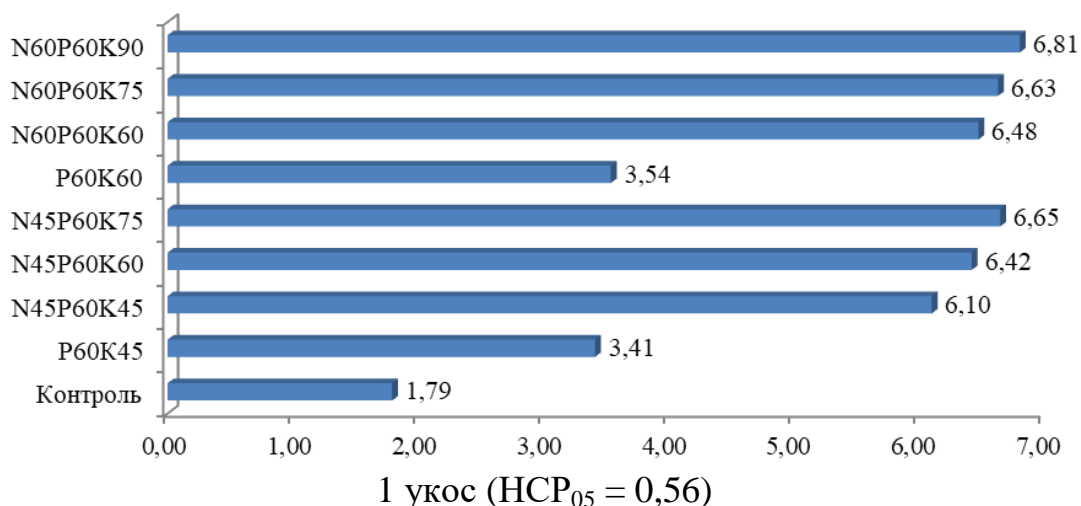


Рисунок 3.5 – Урожайность сена сеяной травосмеси при поверхностном улучшении центральной поймы (среднее за 2019-2021 годы), т/га

Применение возрастающих доз полного минерального и азотно-калийного удобрения под первый и второй укосы при возделывании сеяной мятликовой травосмеси достоверно повышает урожайность сена соответственно в 3,6 и 7,0 раза в сравнении контролем и в 1,8 и 2,6 раза в сравнении с фосфорно-калийным и калийным удобрением. Разницы между дозами пол-

ного минерального удобрения в повышении урожайности сена в период первого укоса не обнаружили, в период второго укоса наблюдали существенные различия от применения возрастающих доз от N45K45 до N60K60 (рис. 3.5).

Применение возрастающих доз калийного удобрения в минеральном удобрении при возделывании сеяной мятликовой травосмеси достоверно повышает урожайность сена первого и второго укоса соответственно в 3,8 и 7,7 раза в сравнении контролем и в 1,9 и 2,9 раза в сравнении с фосфорно-калийным и калийным удобрением. В период первого укоса достоверного повышения урожайности сена от возрастающих доз калийного в полном минеральном удобрении не обнаружили, в период второго укоса наблюдали существенные различия от применения возрастающих доз калийного K45-75 в азотно-калийном удобрении (рис. 3.5).

Для определения эффективности минерального удобрения при возделывании сеяной мятликовой травосмеси мы использовали показатель окупаемости, который показывает затраты удобрения на создания прибавки урожая сена (табл. 3.4).

В ходе расчёта, отдачи затрат применения минерального удобрения прибавкой урожая сена установили, что наибольшую окупаемость 28,69 кг / кг д.в. в период первого укоса получили при применении полного минерального удобрения в дозе N45P60K45, повышение соотношения калия к азоту в составе удобрения вело к снижению окупаемости. Применение фосфорно-калийного удобрения, снижало окупаемость до 1,9 раз в сравнении с полным минеральным удобрением. Повышение доз азотного и калийного удобрения в составе минерального удобрения снижало окупаемость на 10 %.

Наибольшую окупаемость 31,63 кг / кг д.в. в период второго укоса получили при применении N45K45, повышение соотношения калия к азоту в составе удобрения вело к снижению окупаемости. Применение калийного удобрения, снижало окупаемость до 1,9 раз в сравнении с азотно-калийным удобрением. Повышение доз азотного и калийного удобрения в составе минерального удобрения снижало окупаемость на 9 %.

Таблица 3.4 – Прибавка урожая сена сеяной травосмеси при поверхностном улучшении центральной поймы и её окупаемость (среднее за 2019-2021 годы)

Вариант	Прибавка от удобрения			Окупаемость прибавки урожая от минерального удобрения, кг / кг д. в.
	минерального	азотного	калийного	
1 укос				
Контроль	–	–	–	–
P60K45	1,61	–	–	15,37
N45P60K45	4,30	2,69	–	28,69
N45P60K60	4,62	–	0,32	28,02
N45P60K75	4,85	–	0,55	26,94
P60K60	1,74	–	–	14,50
N60P60K60	4,68	2,94	–	25,98
N60P60K75	4,83	–	0,16	24,79
N60P60K90	5,01	–	0,33	23,84
2 укос				
Контроль	–	–	–	–
K45	0,75	–	–	16,67
N45K45	2,85	2,10	–	31,63
N45K60	3,14	–	0,29	29,87
N45K75	3,74	–	0,90	31,19
K60	1,08	–	–	18,06
N60K60	3,90	2,82	–	32,53
N60K75	4,08	–	0,18	30,22
N60K90	4,40	–	0,50	29,33

Выявили, что применением фосфорного удобрения снижает окупаемость в период первого укоса в сравнении со вторым что, безусловно связано с несоизмеримой разницей в количестве его применения и получении прибавки. Эффективность минерального удобрения в период второго укоса выше, даже несмотря на то, что в период первого укоса в силу благоприятных условий урожайность в 1,5 и более раз больше.

Необходимо отметить, что эффект от азотного удобрения проявляется более чётко в сравнении с фосфорно-калийным и калийным удобрениями поскольку в этом случае подтверждается роль азота, являющегося фактором лимитирующего урожай сельскохозяйственных растений особенно на низкоплодородных почвах.



### 3.2 Минеральные удобрения в реализации потенциала продуктивности мятливой травосмеси

В настоящее время производство продукции растениеводства предъявляет высокие требования к определению оптимальных природно-климатических условий при возделывании сельскохозяйственных культур с целью получения стабильно высокой урожайности. Данные по адаптивности к условиям возделывания, выраженные в параметрах экологической пластичности и стабильности, используют многие учёные (Щербинина, 2020). Некоторые учёные разрабатывают компьютерные программы для целенаправленного вектора отбора сортов различных культур для конкретных агро-климатических условий, применение которых позволяет определить экологическую пластичность сортов и гибридов и позволяет повысить эффективность селекционного процесса (Методика оценки экологической..., 2020).

В научной литературе накоплен большой объем информации по «адаптивности различных культур, при этом основным критерием для определения экологической пластичности и стабильности исследуемых культур является урожайность, как интегральный показатель отзывчивости культуры на изменяющиеся условия среды» (Силаев и др., 2024).

«Условия среды один из главных факторов подбора адаптивных сортов и культур к конкретным почвенно-климатическим ресурсам, однако, постоянное изменение условий среды ведёт к постоянному поиску наиболее перспективных сортов и культур» (Силаев и др., 2024).

Данной проблеме посвящено множество научных работ. Исследованию стабильности и экологической пластичности сельскохозяйственных культур посвящено множество научных работ: Сандухадзе Б. И. с соавторами (2021) в Московской области, Леоновой С. Н. (2022) в Орловской области, Терентьевой С. Е. (2022), Романовой И. Н. с соавторами (2022) в Смоленской области, Исмагилова К. Р. и Каюмовой Р. Р. (2024) в Республике Башкортостан, По-

лонского В. И. и Суминой А. В. (2023) в Восточной Сибири, Муруговой Г. А. и Клыкова А. Г. (2024) в Приморском крае.

Мазалов В. И. с соавторами (2020) проводили экологические испытания зернобобовых культур в условиях Центрально-Черноземного региона РФ с целью выявления наиболее адаптивных сортов и гибридов к конкретным условиям среды. Епифанова И. В. (2021) оценивала в условиях лесостепи Среднего Поволжья адаптивность сортообразцов люцерны.

В условиях Пензенской области Грязева В. И. с соавторами (2022) оценивали гибриды подсолнечника по хозяйственно ценным признакам и экологической пластичности.

Адаптацию к абиотическому стрессу овощных культур изучали Бухарова А. Р. с соавторами (2022), картофеля Тулинов А. Г. (2024), томата Кузьмицкая Г. А. (2023),

Адаптивность кормовых культур в условиях Московской области Булгакова В. М. и Куликов М. А. (2022) в условиях юго-востока Камчатского края изучали Жданова А. А. и Кочнева М. Б. (2023), а в условиях Западной Беларуси Макаро В. М. с соавторами (2020).

Васильев А. А. с соавторами (2021) исследовали адаптивный потенциал вишни в Челябинской области.

Широкий спектр культур и почвенно-климатических условий среды говорит об универсальности методики определения адаптивности сельскохозяйственных культур.

Обобщение результатов полученных, в различных природных зонах и разных по биологическим особенностям культурам выявило, что условия среды существенно влияют на формирование урожайности сортов, гибридов, видов сельскохозяйственных культур. Лимитирующие факторы конкретного региона, в котором будут возделывать культуру, будут главным образом влиять на урожайность, поэтому необходимо или подбирать наиболее приспособленных сельскохозяйственных культур к конкретным условиям среды или изменять среду, делая её более пригодной для произрастания растений.

Улучшение условий среды в некотором смысле можно добиться по средствам применения минерального удобрения, биологических препаратов.

Центральная пойма уникальная агроэкосистема, которая характеризуется высоким биоразнообразием и широкими адаптивными свойствами, что отразилось в их использовании в производстве кормов в условиях Нечерноземной зоны РФ. Однако постоянный вынос элементов питания, ухудшение экологической ситуации, изменению климатических условий и почвенного плодородия ведет к деградации растительного покрова территории поймы, что ведет за собой проблему обеспечения кормами мясомолочное скотоводство, которое можно решить с помощью поверхностного (коренного) улучшения с посевом мятликовой травосмеси. Для повышения продуктивности пойменного луга и плодородия почв необходимо применять минеральные удобрения, которые улучшат условия среды. При этом эффективность их будет зависеть от климатических и почвенных условий территории.

«Различные условия периодов уборки урожая, по температурному и водному режимам позволяют объективно сделать анализ уровня изменчивости продуцирования сеяного мятликового травостоя под действием изменяющихся условий среды и применения минерального удобрения» (Силаев и др., 2024).

Индекс условий среды по годам исследования при возделывании сеяной мятликовой травосмеси изменялся от  $-0,63$  до  $0,62$  и от  $-0,12$  до  $0,13$  в зависимости вида получения продукции растениеводства. В период второго укоса данный показатель колебался соответственно от  $-0,82$  до  $0,84$  и от  $-0,10$  до  $0,30$  (табл. 35). Являясь относительным показателем, индекс среды, зависел от множества факторов, применяя минеральное удобрения в исследуемых дозах, мы изменяли условия среды, а именно содержание элементов питания в почве, тем самым управляли продуктивностью центральной поймы по средством повышения плодородия почвы. Выявили, что положительные и отрицательные индексы среды были выше в период второго укоса, по видимому связано тем, что условия среды в период первого укоса были бла-

гоприятнее, а в период второго укоса именно минеральные удобрения повышали индекс среды.

Таблица 3.5 – Показатель условий среды и адаптация сеяной мятликовой травосмеси к условиям применения минерального удобрения

Вариант	Индекс среды						Коэффициент адаптации	
	2019 год		2020 год		2021 год			
	зелёная масса	сено	зелёная масса	сено	зелёная масса	сено	зелёная масса	сено
первый укос								
Контроль	0,62	0,13	-0,63	-0,12	0,01	0,00	0,33	0,34
P60K45							0,65	0,64
N45P60K45							1,15	1,15
N45P60K60							1,20	1,21
N45P60K75							1,25	1,25
P60K60							0,64	0,67
N60P60K60							1,22	1,22
N60P60K75							1,27	1,25
N60P60K90							1,30	1,28
второй укос								
Контроль	0,84	0,30	-0,82	-0,20	-0,02	-0,10	0,20	0,20
K45							0,47	0,43
N45K45							1,14	1,06
N45K60							1,18	1,14
N45K75							1,24	1,32
K60							0,52	0,53
N60K60							1,32	1,37
N60K75							1,42	1,42
N60K90							1,51	1,52

Потенциал урожайности сеяной мятликовой травосмеси зависит от условий окружающей среды: климата, плодородия почвы, рельефа, гидрологии, при этом человек применяя минеральные удобрения, может управлять плодородием почвы, улучшая его, что приводит к повышению продуктивности территории. Коэффициент адаптации выявляет возможность территории продуцировать биомассу, чем выше он, тем выше продуктивность. В условиях центральной поймы реки Ипуть юго-запада Брянской области коэффициент адаптации находился на минимальном уровне 0,33-0,34 в период первого укоса и 0,20 в период второго укоса при проведении поверхностного

улучшения и посева мятликовой травосмеси в независимости от того в каком качестве использовались кормовые угодья, пастбища или сенокос. Фосфорно-калийные и калийные удобрения повышают коэффициент адаптации мятликовой травосмеси первого и второго укосов соответственно до 0,65 и 0,52 при использовании территории в качестве пастбища и до 0,67 и 0,53 при использовании территории в качестве сенокоса. Минеральные удобрения, содержащие NPK, или азотно-калийные удобрения повышают коэффициент адаптации мятликовой травосмеси первого и второго укосов соответственно до 1,22 и 1,32 при использовании территории в качестве пастбища и до 1,22 и 1,37 при использовании территории в качестве сенокоса. Обнаружили, что фосфорное удобрение в условиях первого укоса не влияло на повышение коэффициента адаптации, что «связано с высоким содержанием подвижного фосфора в почве территории исследования» (Силаев и др., 2024). Наблюдали тенденцию к повышению коэффициента адаптации мятликовой травосмеси первого и второго укосов до максимумов соответственно 1,30 и 1,58 при использовании территории в качестве пастбища и 1,28 и 1,52 при использовании территории в качестве сенокоса с возрастанием доз калия в минеральном удобрении. По-видимому, это связано с низким содержанием подвижных форм калия в почве территории исследования (табл. 3.5).

Показатель стрессоустойчивости, разность минимальной и максимальной урожайности, сеяной мятликовой травосмеси, определяет, как посевы реагируют на изменения окружающей среды, чем ближе показатель к нулю, тем выше стрессоустойчивость. Сеяная мятликовая травосмесь в наименьшей степени реагируют на изменения окружающей среды, на контрольном варианте (без применения минерального удобрения). На данном варианте наблюдали максимальную стрессоустойчивость травостоя первого и второго укосов соответственно  $-0,8$  и  $-0,4$  при использовании территории в качестве пастбища и  $-0,2$  и  $-0,1$  при использовании территории в качестве сенокоса (табл. 3.6).

Различные условия (засуха, достаточное или избыточное увлажнение) незначительно снижают урожайность, применение минерального удобрения ведёт к снижению стрессоустойчивости, так в засушливые годы минеральные удобрения малоэффективны в повышении урожайности, а в годы с достаточным увлажнением – высокоэффективны.

«Соответствие экологической ниши растений мятликовой травосмеси и факторов окружающей среды выражается компенсаторной способностью, которая свидетельствует, какая средняя урожайность посевов в экстремальных условиях среды, чем больше данный показатель, тем больше соответствие экологической ниши и факторов среды» (Зыкин и др., 2011). Условия окружающей среды не позволяют полностью раскрыть возможности растений мятликовой травосмеси, показатель компенсаторной способности травостоя первого и второго укосов находится на минимуме соответственно 7,7 и 3,1 при использовании территории в качестве пастбища и 1,8 и 0,7 при использовании территории в качестве сенокоса. Наибольший показатель компенсаторной способности мятликовой травосмеси формируется при применении максимальных доз минерального удобрения, что позволяет более полно раскрыть возможности посевов мятликовой травосмеси в повышении урожайности в условиях юго-запада Нечерноземья. Это отражается в максимальных показателях компенсаторной способности травостоя первого и второго укосов находится соответственно 31,1 и 23,7 при использовании территории в качестве пастбища и 6,8 и 5,3 при использовании территории в качестве сенокоса. При чем, действие минерального удобрения в период первого укоса выше, что говорит о более благоприятных условиях среды в данный период исследования (табл. 3.6).

Стабильность урожайности сеяной мятликовой травосмеси в конкретных условиях окружающей среды отражается показателем размаха урожайности, который выражается отношением разности максимума и минимума показателя урожайности к максимуму показателя урожайности, чем меньше данный показатель, тем стабильнее урожайность в конкретных почвенно-климатических

условиях. Наибольший показатель размаха урожайности посевов мятликовой травосмеси первого и второго укосов, формируется при применении максимальных доз фосфорно-калийного и калийного минерального удобрения, соответственно 25,5 и 25,3 при использовании территории в качестве пастбища. При использовании территории в качестве сенокоса наибольший показатель размаха 25,6 урожайности посевов мятликовой травосмеси первого укоса формируется при применении максимальных доз фосфорно-калийного удобрения, в период второго укоса – 20,9, при применении максимальных доз азотно-калийного удобрения. При использовании данных доз минерального удобрения наблюдали наименьшую стабильность урожайности сеяной мятликовой травосмеси в различные периоды уборки урожая и способов использования территории в кормопроизводстве.

Наиболее стабильной урожайность первого и второго укосов сеяной мятликовой травосмеси в условиях проведения исследований при использовании территории в качестве пастбища наблюдали при применении минерального удобрения в дозах N45P60K75 и N45K75, когда выявили наименьший 6,9 и 5,6 размах урожайности. При использовании территории в качестве сенокоса наименьший показатель размаха урожайности 6,1 и 9,8 посевов мятликовой травосмеси первого и второго укосов формируется при применении соответственно минерального удобрения в дозах N45P60K75 и N60K90 (табл. 3.6).

«Устойчивость к лимитирующим факторам окружающей среды и способность давать стабильную, но не максимальную урожайность – это стабильность агроценоза, чем меньше отклонение фактической урожайности от теоретической, тем стабильнее агросистема» (Зыкин и др., 2011). Наиболее стабильный агроценоз мятликовой травосмеси при применении минерального удобрения в дозах N45P60K75 и N45K45 соответственно под первый и второй укосы при использовании поймы в качестве пастбища или сенокоса.

«Отзывчивость агроценоза на изменения условий среды выражает показатель экологической пластичности. Если значение данного показателя больше или равно 1, то, агроценоз обладает высокой отзывчивостью на изменения

окружающей среды, если её значение меньше или равно 1, то, агроценоз слабо реагирует на изменчивость, если её значение равно 1, то, изменчивость урожайности агроценоза соответствует изменению условий окружающей среды» (Зыкин и др., 2011).

Таблица 3.6 – Минеральные удобрения в изменении экологических показателей посевов мятликовой травосмеси в условиях центральной поймы юго-запада Брянской области

Вариант	Стрессо-устойчивость		Компенсаторная способность		Размах урожайности		Экологическая пластичность		Стабильность агросистемы	
	ЗМ*	сено	ЗМ	сено	ЗМ	сено	ЗМ	сено	ЗМ	сено
первый укос										
Контроль	-0,8	-0,2	7,7	1,8	9,9	10,1	0,41	0,46	0,20	0,01
P60K45	-2,5	-0,5	15,1	3,4	15,3	14,8	-1,57	-1,40	1,55	0,09
N45P60K45	-3,6	-0,8	27,5	6,2	12,3	12,3	2,85	3,26	0,88	0,03
N45P60K60	-2,2	-0,5	28,7	6,5	7,4	7,6	1,74	2,05	0,19	0,01
N45P60K75	-2,1	-0,5	29,6	6,7	6,9	7,5	1,67	2,08	0,02	0,00
P60K60	-4,4	-1,0	15,0	3,5	25,6	25,6	-2,35	-2,84	5,76	0,29
N60P60K60	-3,2	-0,7	28,9	6,5	10,5	10,5	2,54	2,87	0,08	0,00
N60P60K75	-2,7	-0,6	30,6	6,6	8,5	8,8	1,97	1,41	1,47	0,12
N60P60K90	-2,4	-0,4	31,1	6,8	7,4	6,1	1,73	1,12	1,18	0,06
второй укос										
Контроль	-0,4	-0,1	3,1	0,7	12,1	16,4	-0,12	-0,14	0,06	0,00
K45	-0,9	-0,3	7,4	1,5	11,5	19,1	0,11	0,01	0,43	0,05
N45K45	-1,9	-0,5	17,8	3,6	10,2	13,4	1,14	1,08	0,01	0,00
N45K60	-1,6	-0,7	18,4	4,0	8,3	17,1	0,96	1,56	0,01	0,02
N45K75	-1,1	-0,5	19,3	4,5	5,6	9,8	0,47	0,12	0,34	0,10
K60	-2,3	-0,2	8,0	1,8	25,3	12,6	-0,98	-0,32	1,44	0,02
N60K60	-4,8	-1,0	21,2	4,7	20,3	18,6	2,91	1,97	1,93	0,04
N60K75	-3,4	-1,1	22,6	4,9	14,0	20,3	2,06	2,15	1,01	0,08
N60K90	-4,1	-1,2	23,7	5,3	16,0	20,9	2,47	2,58	0,09	0,01

\*Примечание: ЗМ – зелёная масса.

Наиболее отзывчивы посевы мятликовой травосмеси на изменения условий окружающей среды при проведении исследования при применении минерального удобрения в дозах N45P60K45 и N60K60 под первый и второй укосы, когда выявили наибольший показатель экологической пластичности соответственно 2,85 и 2,91 при использовании территории в качестве пастбища. При использовании территории в качестве сенокоса наибольший показатель



экологической пластичность 3,26 и 2,58 посевов мятликовой травосмеси первого и второго укосов формируется при применении соответственно минерального удобрения в дозах N45P60K75 и N60K90 (табл. 3.6).

Наиболее благоприятны такие условия возделывания посевов мятликовой травосмеси, когда показатель экологической пластичности больше 1, а стабильность агроценоза стремиться к 0, то посевы отзывчивы на улучшения условий окружающей среды и характеризуются стабильной урожайностью. Наиболее благоприятные для получения стабильно высокой урожайности посевов мятликовой травосмеси создаются при применении минерального удобрения в дозах N60P60K60 и N45K45 под первый и второй укосы, когда экологическая пластичность равна 2,54 и 1,14, а стабильность агроценоза – 0,08 и 0,01 при использовании территории в качестве пастбища. При использовании территории в качестве сенокоса для создания наиболее благоприятных условий получения стабильно высокой урожайности посевов мятликовой травосмеси в условиях проведения исследований необходимо применять минеральные удобрения в дозах N45P60K45 и N60K90 под первый и второй укосы, когда выявили наибольший показатель экологической пластичность соответственно 3,26 и 2,58, а стабильность агроценоза – 0,03 и 0,01 (табл. 3.6).

Таким образом, оценка экологических свойств посевов мятликовой травосмеси центральной поймы при различном уровне применения минерального удобрения выявило, что наилучшие условия для получения стабильно высоких урожаев зелёной или воздушно-сухой массы мятликовой травосмеси создаются при применении N60P60K60 и N60K60 соответственно под первый и второй укосы. Наилучшая адаптация к условиям окружающей среды установлена при максимальном уровне химизации в различные периоды укосов.

Наши исследования доказывают, что в современных условиях возделывания мятликовой травосмеси возможно управление урожайностью в условиях центральной поймы реки Ипуть Нечернозёмной зоны РФ посредством подбора различных видов, доз и сочетаний элементов питания в удобрении при изменчивости условий окружающей среды.

### 3.3 Качественные показатели продукции кормопроизводства

Эффективность применения минерального удобрения при возделывании мятликовой травосмеси определяется не только количественными показателями, урожайность, валовый сбор, но и качественными, содержание сырого протеина, сырой клетчатки и других показателей качества получаемой продукции кормопроизводства. Изменяющиеся условия среды оказывают непосредственное влияние как на интенсивность роста и развития растений, так и на эффективность применение минерального удобрения. В аспекте изменяющихся условий среды действия минерального удобрения на изменения качественных показателей продукции кормопроизводства весьма актуально.

Для изучения роли минерального удобрения на изменения параметров качества продукции кормопроизводства, использовали ГОСТ Р 55452-2021 СЕНО и СЕНАЖ «Общие технические условия», где определены значения показателей соответствующие тому или иному классу сена (табл. 3.7), а также находили коэффициент вариации, который выявляет изменчивость в зависимости от года исследований и применения минерального удобрения, и достоверность повышения или снижения показателя качества под действием различных доз минерального удобрения.

Таблица 3.7 – Требования к показателям качества сена сеяных злаковых трав (ГОСТ Р 55452-2021)

Показатель	Значение показателя для сена		
	1-го класса	2-го класса	3-го класса
Содержание сырого протеина, г/кг сухого вещества, не менее	130	110	100
Содержание сырой клетчатки, г/кг сухого вещества, не более	280	300	310
Содержание сырой золы, г/кг сухого вещества, не более	100	110	120

Поверхностное улучшение пойменного луга с последующим посевом мятликовой травосмеси обуславливает получения продукции кормопроиз-

водства с содержанием сырого протеина в зависимости от погодных условий года исследования 10,1-10,3 и 8,8-9,1 % на сухое вещество соответственно в период первого и второго укосов, данное содержание обусловлено биологическими особенностями мятликовых трав и почвенно-климатическими условиями. Агротехнические и организационные мероприятия, за годы исследования незначительно изменяли показатель содержания сырого протеина в период первого и второго укосов, коэффициент вариации был меньше 10%. Получили сено 3 класса вне зависимости от периода уборки урожая и года исследования по содержанию сырого протеина (табл. 3.8).

Таблица 3.8 – Содержание сырого протеина в сене при поверхностном улучшении центральной поймы по годам исследования, % на сухое вещество

Вариант	Год						Коэффициент вариации, %	
	2019		2020		2021			
	1 укос	2 укос	1 укос	2 укос	1 укос	2 укос	1 укос	2 укос
Контроль	10,2	9,1	10,1	8,8	10,3	8,9	0,9	1,8
P60K90	10,5	9,8	10,4	9,6	10,7	9,6	1,0	1,0
N90P60K90	14,2	10,6	14,1	10,8	13,9	10,7	1,0	0,9
N90P60K120	14,7	11,7	14,6	11,7	14,8	11,9	0,4	0,9
N90P60K150	15,1	14,7	15,1	14,6	15,2	14,9	0,4	0,9
P60K120	11,8	9,8	11,8	9,8	12,0	9,7	1,1	0,7
N120P60K120	14,7	13,7	14,6	13,6	14,8	13,8	0,7	0,9
N120P60K150	15,4	13,9	15,0	14,0	15,2	14,1	1,2	0,9
N120P60K180	15,5	14,4	15,4	14,7	15,8	14,4	1,5	0,9

При возделывании сеяной мятликовой травосмеси применение фосфорно-калийного и калийного удобрения соответственно под первый и второй укосы обуславливает содержание сырого протеина в продукции кормопроизводства в зависимости от погодных условий года исследования 10,4-12,0 и 9,6-9,8 % на сухое вещество (табл. 3.8). По содержанию сырого протеина полученное в период первого укоса сено 2 класса под действием удобрения в дозе P60K60 вне зависимости от года исследования, в период второго укоса вне зависимости от доз удобрения и года исследования сено 3 класса.

Возделывании сеяной мятликовой травосмеси с применением полного минерального и азотно-калийного удобрения соответственно под первый и второй укосы обуславливает содержание в сене сырого протеина 13,9-15,8 и 10,6-14,7 % на сухое вещество в зависимости от погодных условий. Полученное сено по содержанию сырого протеина 1 класса в период первого укоса вне зависимости от доз минерального удобрения и от года исследования, в период второго укоса вне зависимости от года исследования классность сена изменялось от 3 к 1 под действием азотно-калийного удобрения (табл. 3.8).

Применение различных видов минерального удобрения, доз и соотношения в них элементов питания в периоды первого и второго укосов незначительно влияют на изменчивость содержания сырого протеина в сене по годам исследования.

Таким образом, выявили, что погодные условия годов исследования не влияют на изменчивость показателя содержания сырого протеина в сене, как без минерального удобрения, так и с ним. Классность сена завесила как от периода уборки урожая, так и от видов минерального удобрения, доз и соотношения в них элементов питания.

В среднем за годы исследования при проведении поверхностного улучшения центральной поймы и посеве мятликовой травосмеси содержание сырого протеина в сене первого и второго укоса соответственно составило 10,2 и 8,9 % на сухое вещество. Сено, как первого, так и второго укосов по данному показателю, относится к 3 классу.

Применение фосфорно-калийного и калийного удобрения при возделывании сеяной мятликовой травосмеси достоверно повышает содержание сырого протеина в сене первого и второго укоса соответственно до 11,9 и 9,8 % на сухое вещество, что в 1,2 и 1,1 раза больше в сравнении контролем. Выявили достоверную разницу между дозами минерального удобрения в повышении содержания сырого протеина в сене в период первого и второго укосов. Сено, первого укоса под действием фосфорно-калийного удобрения, от-

носятся ко 2 классу, а второго укосов под действием калийного удобрения к 3 классу (рис. 3.6).

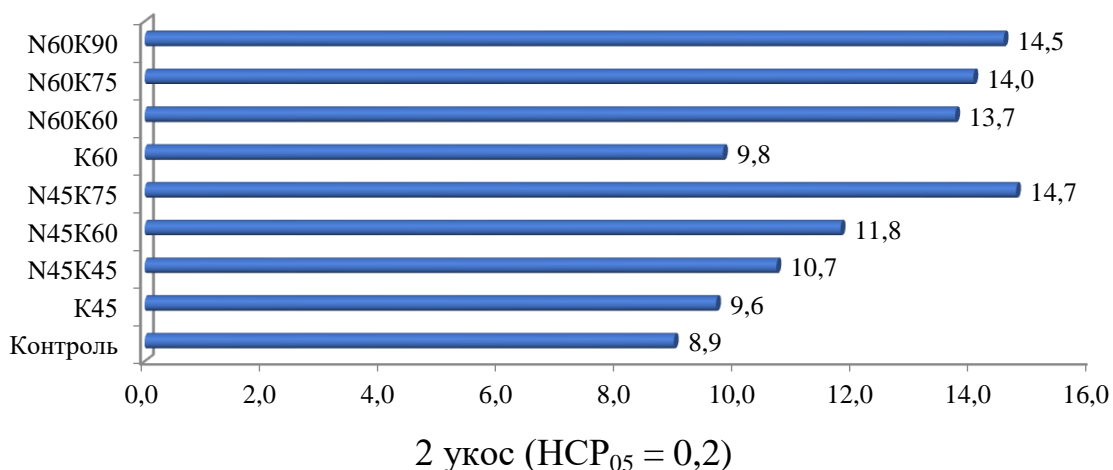
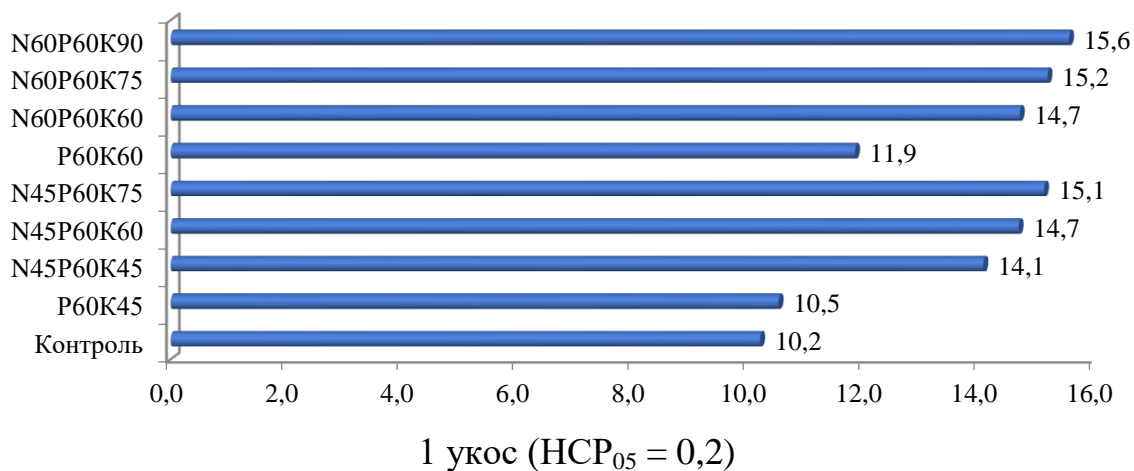


Рисунок 3.6 – Содержание сырого протеина в сене при поверхностном улучшении центральной поймы (среднее за 2019-2021 годы), % на сухое вещество

Возделывание сеяной мятликовой травосмеси с применением возрастающих доз удобрения от N45P60K45 до N60P60K60 и от N45K45 до N60K60 под первый и второй укосы достоверно повышает содержание сырого протеина в сене соответственно до 14,7 и 13,7 % на сухое вещество, что в 1,4 и 1,5 раза выше в сравнении контролем. Выявили достоверную разницу между дозами минерального удобрения в повышении содержания сырого протеина в сене в период первого и второго укосов. Сено, первого и второго укосов под действием возрастающих доз удобрения от N45P60K45 до N60P60K60 и от N45K45 до N60K60, относится ко 1 классу (рис. 3.6). Применение возраста-

ющих доз калийного удобрения в удобрении при возделывании сеяной мятликовой травосмеси достоверно повышает содержание сырого протеина в сене первого и второго укоса до 15,6 и 14,5 %, что соответственно в 1,5 и 1,6 раза выше в сравнении контролем. Выявили достоверную разницу между дозами минерального удобрения в повышении содержания сырого протеина в сене в период первого и второго укосов. Сено, первого и второго укосов под действием возрастающих доз калийного удобрения в полном минеральном и азотно-калийном удобрении, относится ко 1 классу (рис. 3.6).

Таким образом, главный фактор существенного повышения содержания сырого протеина в сене при возделывании мятликовой травосмеси на поверхностно улучшенном лугу центральной поймы является полное или азотно-калийное минеральное удобрение, при этом классность сена растет с 3 до 1.

Поверхностное улучшение пойменного луга с последующим посевом мятликовой травосмеси обуславливает получения продукции кормопроизводства с содержанием сырой клетчатки в зависимости от погодных условий года исследования 27,2-27,5 и 26,2-26,3 % на сухое вещество соответственно в период первого и второго укосов, данное содержание обусловлено биологическими особенностями мятликовых трав и почвенно-климатическими условиями. Агротехнические и организационные мероприятия, за годы исследования незначительно изменяли показатель содержания сырой клетчатки в период первого и второго укосов, коэффициент вариации был меньше 10%. По содержанию сырой клетчатки полученное сено относится к 1 классу в независимости от периода уборки урожая и года исследования (табл. 3.9).

Возделывание сеяной мятликовой травосмеси с применением под первый и второй укосы соответственно фосфорно-калийного и калийного удобрения обуславливает содержание сырой клетчатки в сене в зависимости от погодных условий года исследования 28,1-29,6 и 27,1-27,3 %. Полученное сено первого укоса по содержанию сырой клетчатки 2 класса, а второго укоса – 1 класса, в независимости от применяемых доз минерального удобрения (табл. 3.9).

Таблица 3.9 – Содержание сырой клетчатки в сене при поверхностном улучшении центральной поймы по годам исследования, % на сухое вещество

Вариант	Год						Коэффициент вариации, %	
	2019		2020		2021			
	1 укос	2 укос	1 укос	2 укос	1 укос	2 укос	1 укос	2 укос
Контроль	27,3	26,2	27,5	26,2	27,2	26,3	0,5	0,3
P60K90	28,1	27,1	28,5	27,1	28,2	27,2	0,7	0,2
N90P60K90	29,6	27,4	29,9	27,5	29,6	27,5	0,6	0,2
N90P60K120	30,4	28,4	30,5	28,5	30,6	28,4	0,3	0,2
N90P60K150	29,3	29,5	29,9	29,5	29,3	29,5	1,1	0,1
P60K120	28,7	27,2	29,6	27,1	28,9	27,3	1,6	0,4
N120P60K120	31,2	29,4	30,4	29,3	30,8	29,4	1,3	0,1
N120P60K150	31,6	30,4	31,3	30,3	31,2	30,4	0,6	0,3
N120P60K180	32,1	31,2	32,2	31,1	31,9	31,3	0,4	0,3

Применение полного минерального и азотно-калийного удобрения соответственно под первый и второй укосы при возделывании сеяной мятликовой травосмеси обуславливает в зависимости от погодных условий года исследования содержание сырой клетчатки в продукции кормопроизводства 29,3-32,2 и 27,4-31,3 % на сухое вещество. По содержанию сырой клетчатки полученное сено относится к 2-3 классу в период первого укоса в зависимости от доз минерального удобрения и от года исследования, в период второго укоса классность сена изменялось от 1 к 3 под действием азотно-калийного удобрения и погодных условий года исследования (табл. 3.9).

Применение различных видов минерального удобрения, доз и соотношения в них элементов питания в периоды первого и второго укосов незначительно влияют на изменчивость содержания сырой клетчатки в сене по годам исследования.

Таким образом, выявили, что погодные условия годов исследования не влияют на изменчивость показателя содержания сырой клетчатки в сене, как без минерального удобрения, так и с ним. Классность сена завесила как от периода уборки урожая, так и от видов минерального удобрения, доз и соотношения в них элементов питания.

В среднем за годы исследования при проведении поверхностного улучшения центральной поймы и посева мятликовой травосмеси содержание сырой клетчатки в сене первого и второго укоса соответственно составило 27,3 и 26,2 % на сухое вещество. Сено, как первого, так и второго укосов по данному показателю, относится к 1 классу (рис. 3.7).

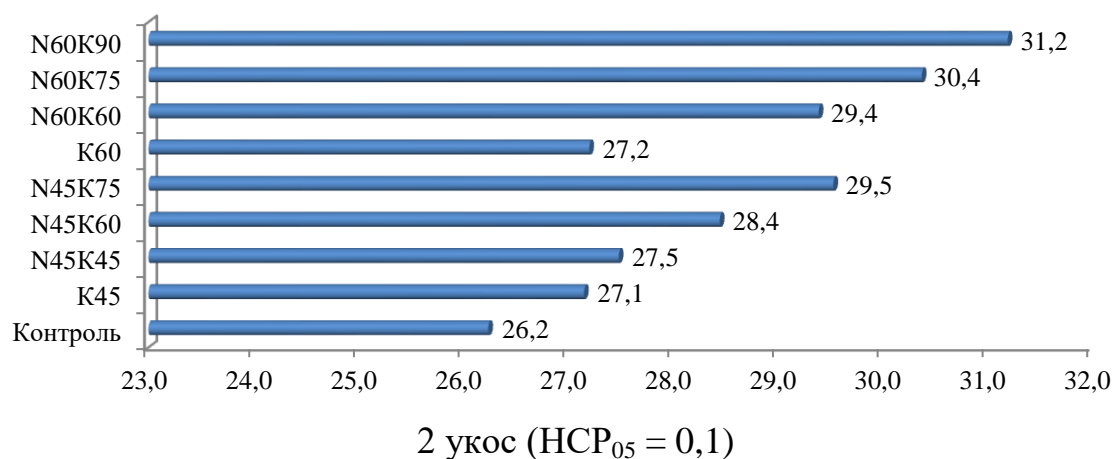
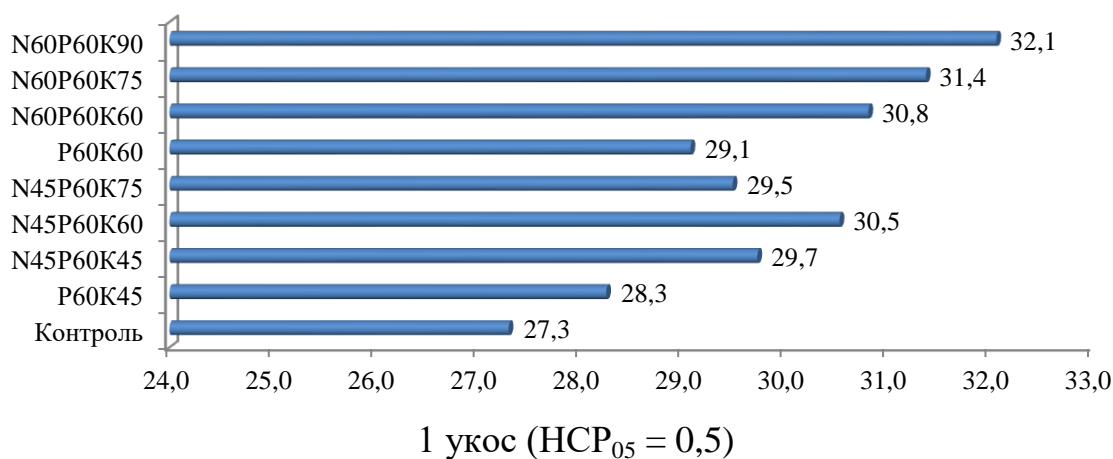


Рисунок 3.7 – Содержание сырой клетчатки в сене при поверхностном улучшении центральной поймы (среднее за 2019-2021 годы), % на сухое вещество

Возделывание сеяной мятликовой травосмеси с применением под первый и второй укосы соответственно фосфорно-калийного и калийного удобрения достоверно повышает содержание сырой клетчатки в сене до 29,1 и 27,2 % в сравнении с контролем.

Выявили достоверную разницу между дозами удобрения в повышении содержания сырой клетчатки в сене в период первого укоса, в период второго укоса достоверной разницы не обнаружили. Сено, первого укоса под дей-



ствием фосфорно-калийного удобрения, относится ко 2 классу, а второго укосов под действием калийного удобрения к 1 классу (рис. 3.7).

Возделывание сеяной мятликовой травосмеси с применением под первый и второй укосы возрастающих доз удобрения от N45P60K45 до N60P60K60 и от N45K45 до N60K60 достоверно повышает содержание сырой клетчатки в сене соответственно до 30,8 и 29,4 % в сравнении контролем и фосфорно-калийным и калийным удобрением. Выявили достоверную разницу между дозами минерального удобрения в повышении содержания сырой клетчатки в сене в период первого и второго укосов. Сено, первого и второго укосов под действием возрастающих доз от N45P60K45 до N60P60K60 полного минерального и от N45K45 до N60K60 азотно-калийного удобрения, соответственно относится ко 3 и 2 классу (рис. 3.7).

Применение возрастающих доз калийного удобрения в удобрении при возделывании сеяной мятликовой травосмеси достоверно повышает содержание сырой клетчатки в сене первого и второго укоса до 32,1 и 31,2 %, что в 1,2 раза выше в сравнении контролем. Выявили достоверную разницу между дозами минерального удобрения в повышении содержания сырой клетчатки в сене в период первого и второго укосов. Сено, первого и второго укосов под действием возрастающих доз калийного удобрения в полном минеральном и азотно-калийном удобрении, относится ко 3 классу (рис. 3.7).

Таким образом, главный фактор существенного повышение содержания сырой клетчатки в сене при возделывании мятликовой травосмеси на поверхностно улучшенном лугу центральной поймы является полное или азотно-калийное минеральное удобрение, при этом классность сена снижается до 3 класса.

Поверхностное улучшение пойменного луга с последующим посевом мятликовой травосмеси обуславливает получения продукции кормопроизводства с содержанием сырой золы в зависимости от погодных условий года исследования 7,3-7,5 и 7,2-7,6 % на сухое вещество соответственно в период первого и второго укосов, данное содержание обусловлено биологическими

особенностями мятликовых трав и почвенно-климатическими условиями. Агротехнические и организационные мероприятия, за годы исследования незначительно изменяли показатель содержания сырой золы в период первого и второго укосов, коэффициент вариации был меньше 10%. По содержанию сырой золы полученное сено относилось к 1 классу в независимости от периода уборки урожая и года исследования (табл. 3.10).

Таблица 3.10 – Содержание сырой золы в сене при поверхностном улучшении центральной поймы по годам исследования, % на сухое вещество

Вариант	Год						Коэффициент вариации, %	
	2019		2020		2021			
	1 укос	2 укос	1 укос	2 укос	1 укос	2 укос	1 укос	2 укос
Контроль	7,3	7,2	7,4	7,4	7,5	7,6	1,1	2,5
P60K90	7,6	8,1	7,7	8,0	7,6	8,3	0,5	1,5
N90P60K90	8,5	8,2	8,5	8,4	8,6	8,4	0,3	1,8
N90P60K120	8,6	8,3	8,5	8,4	8,7	8,5	0,7	1,5
N90P60K150	8,8	8,5	8,9	8,6	8,6	8,3	1,9	1,6
P60K120	8,6	8,4	8,5	8,2	8,6	8,0	0,6	2,0
N120P60K120	8,7	8,4	8,6	8,5	8,7	8,5	0,5	0,7
N120P60K150	8,9	8,5	9,1	8,4	9,0	8,6	1,1	0,8
N120P60K180	9,3	8,5	9,3	8,5	9,4	8,6	0,6	0,8

Применение фосфорно-калийного и калийного удобрения соответственно под первый и второй укосы при возделывании сеяной мятликовой травосмеси обуславливает содержание сырой золы в продукции кормопроизводства в зависимости от погодных условий года исследования 7,6-8,6 и 8,0-8,4 % на сухое вещество. По содержанию сырой золы полученное сено первого и второго укосов относится к 1 классу, независимо от применяемых доз минерального удобрения (табл. 3.10).

Применение полного минерального и азотно-калийного удобрения соответственно под первый и второй укосы при возделывании сеяной мятликовой травосмеси обуславливает в зависимости от погодных условий года исследования содержание сырой золы в продукции кормопроизводства 8,3-9,4 и 8,2-8,6 % на сухое вещество. По содержанию сырой золы полученное сено

относится к 1 классу вне зависимости от периода уборки урожая, доз минерального удобрения и от года исследования (табл. 3.10).

Применение различных видов минерального удобрения, доз и соотношения в них элементов питания в периоды первого и второго укосов незначительно влияют на изменчивость содержания сырой золы в сене по годам исследования.

Таким образом, выявили, что погодные условия годов исследования не влияют на изменчивость показателя содержания сырой золы в сене, как без минерального удобрения, так и с ним. Классность сена не зависела от периода уборки урожая, видов минерального удобрения, доз и соотношения в них элементов питания и погодных условий годов исследования.

В среднем за годы исследования при проведении поверхностного улучшения центральной поймы и посеве мятликовой травосмеси содержание сырой золы в сене первого и второго укоса составило 7,4 % на сухое вещество. Сено, как первого, так и второго укосов по данному показателю, относится к 1 классу (рис. 3.8).

Возделывание сеяной мятликовой травосмеси с применением в период первого и второго укосов фосфорно-калийного и калийного удобрения достоверно повышает содержание сырой золы в сене соответственно до 8,6 и 8,2 % в сравнении с контролем. Выявили достоверную разницу между дозами минерального удобрения в повышении содержания сырой золы в сене в период первого укоса, в период второго укоса достоверной разницы не обнаружили. Сено, первого и второго укосов под действием соответственно фосфорно-калийного и калийного удобрения, относится к 1 классу по данному показателю (рис. 3.8).

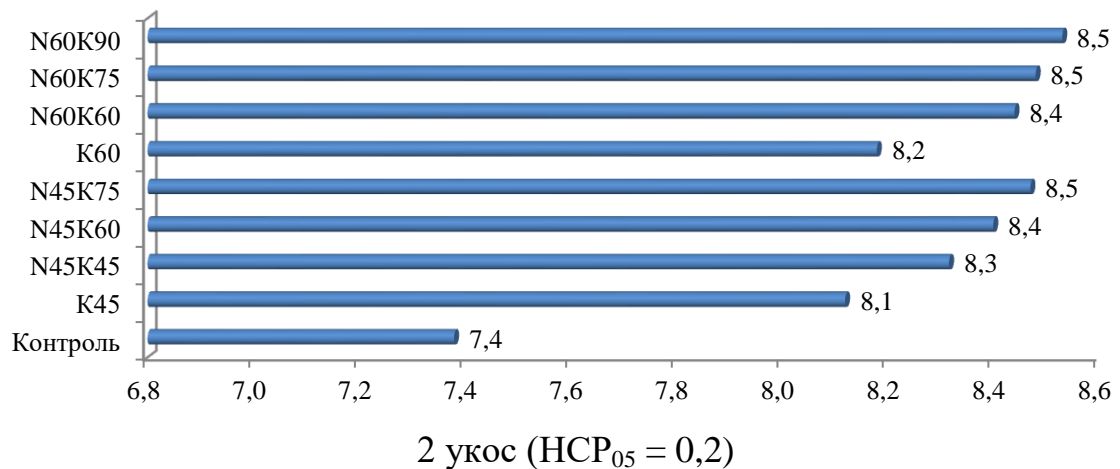
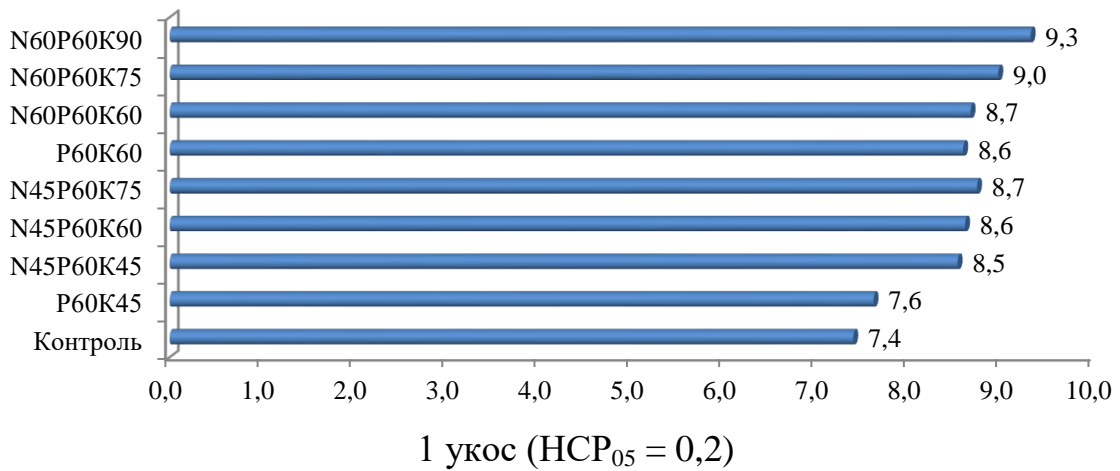


Рисунок 3.8 – Содержание сырой золы в сене при поверхностном улучшении центральной поймы (среднее за 2019-2021 годы), % на сухое вещество

Возделывание сеяной мятликовой травосмеси с применением под первый и второй укосы возрастающих доз удобрения от N45P60K45 до N60P60K60 и от N45K45 до N60K60 достоверно повышает содержание сырой золы в сене соответственно до 8,7 и 8,4 % в сравнении контролем.

Существенной разницы соответственно в сравнении с фосфорно-калийным и калийным удобрением не выявили. Достоверной разницы между дозами минерального удобрения в повышении содержания сырой золы в сене в период первого и второго укосов не выявили, наблюдали тенденцию к повышению. Сено, первого и второго укосов под действием минерального удобрения, относится к 1 классу (рис. 3.8).

Применение возрастающих доз калийного удобрения в полном минеральном и азотно-калийном удобрении при возделывании сеяной мятликовой травосмеси достоверно повышает содержание сырой золы в сене первого и второго укоса до 9,3 и 8,5 % на сухое вещество в сравнении с контролем. Выявили достоверную разницу между дозами минерального удобрения в повышении содержания сырой золы в сене в период первого укоса, в период второго укоса наблюдали тенденцию к повышению. Сено, первого и второго укосов под действием возрастающих доз калийного удобрения в полном минеральном и азотно-калийном удобрении, относится ко 1 классу.

Таким образом, главный фактор существенного повышение содержания сырой золы в сене при возделывании мятликовой травосмеси на поверхностно улучшенном лугу центральной поймы является полное или азотно-калийное минеральное удобрение, при этом классность сена остаётся неизменной.

Помимо отражённых в ГОСТ Р 55452-2021 СЕНО и СЕНАЖ «Общие технические условия» качественных показателей, мы исследовали и другие качественные характеристики сена сеяной мятликовой травосмеси в зависимости от применяемого минерального удобрения при возделывании посевов.

Поверхностное улучшение пойменного луга с последующим посевом мятликовой травосмеси обуславливает получения продукции кормопроизводства с содержанием каротина в зависимости от погодных условий года исследования 17,3-20,8 и 14,8-16,5 мг/кг соответственно в период первого и второго укосов, данное содержание обусловлено биологическими особенностями мятликовых трав и почвенно-климатическими условиями. Агротехнические и организационные мероприятия, за годы исследования средне изменяли показатель содержания каротина в период первого укоса и незначительно в период второго укоса (табл. 3.11).

Применение фосфорно-калийного и калийного удобрения соответственно под первый и второй укосы при возделывании сеяной мятликовой травосмеси обуславливает содержание каротина в продукции кормопроиз-

водства в зависимости от погодных условий года исследования 17,6-26,2 и 21,3-24,7 мг/кг.

Применение полного минерального и азотно-калийного удобрения соответственно под первый и второй укосы при возделывании сеяной мятликовой травосмеси обуславливает в зависимости от погодных условий года исследования содержание каротина в продукции кормопроизводства 24,8-32,8 и 25,6-34,4 мг/кг (табл. 3.11).

Таблица 3.11 – Содержание каротина в сене при поверхностном улучшении центральной поймы по годам исследования, мг/кг

Вариант	Год						Коэффициент вариации, %	
	2019		2020		2021			
	1 укос	2 укос	1 укос	2 укос	1 укос	2 укос	1 укос	2 укос
Контроль	20,8	16,5	17,3	14,8	17,6	16,5	9,4	6,2
P60K90	21,2	24,4	17,6	23,3	18,3	21,3	9,0	6,8
N90P60K90	26,6	27,5	24,8	25,6	26,2	26,5	3,7	3,6
N90P60K120	26,8	28,7	25,5	27,5	26,8	26,4	2,8	4,2
N90P60K150	27,3	32,4	26,4	31,8	27,0	32,8	1,7	1,6
P60K120	23,2	24,5	25,6	24,7	26,2	22,6	6,3	4,8
N120P60K120	31,8	32,5	28,4	31,3	28,8	29,6	6,3	4,7
N120P60K150	32,6	33,6	31,7	32,8	31,5	31,5	1,8	3,2
N120P60K180	32,8	34,4	32,4	33,6	32,6	32,3	0,6	3,2

Применение различных видов минерального удобрения, доз и соотношения в них элементов питания в периоды первого и второго укосов незначительно влияют на изменчивость содержания каротина в сене по годам исследования.

Таким образом, выявили, что погодные условия годов исследования влияют на изменчивость показателя содержания каротина в сене, только в период второго укоса без применения минерального удобрения.

В среднем за годы исследования при проведении поверхностного улучшения центральной поймы и посеве мятликовой травосмеси содержание каротина в сене первого и второго укоса составило 18,6 и 15,9 мг/кг.

Применение фосфорно-калийного и калийного удобрения при возделывании сеяной мятликовой травосмеси достоверно повышает содержание

каротина в сене первого и второго укоса соответственно до 25,0 и 23,9 мг/кг в сравнении с контролем. Выявили достоверную разницу между дозами минерального удобрения в повышении содержания каротина в сене в период первого укоса, в период второго укоса достоверной разницы не обнаружили (рис. 3.9).

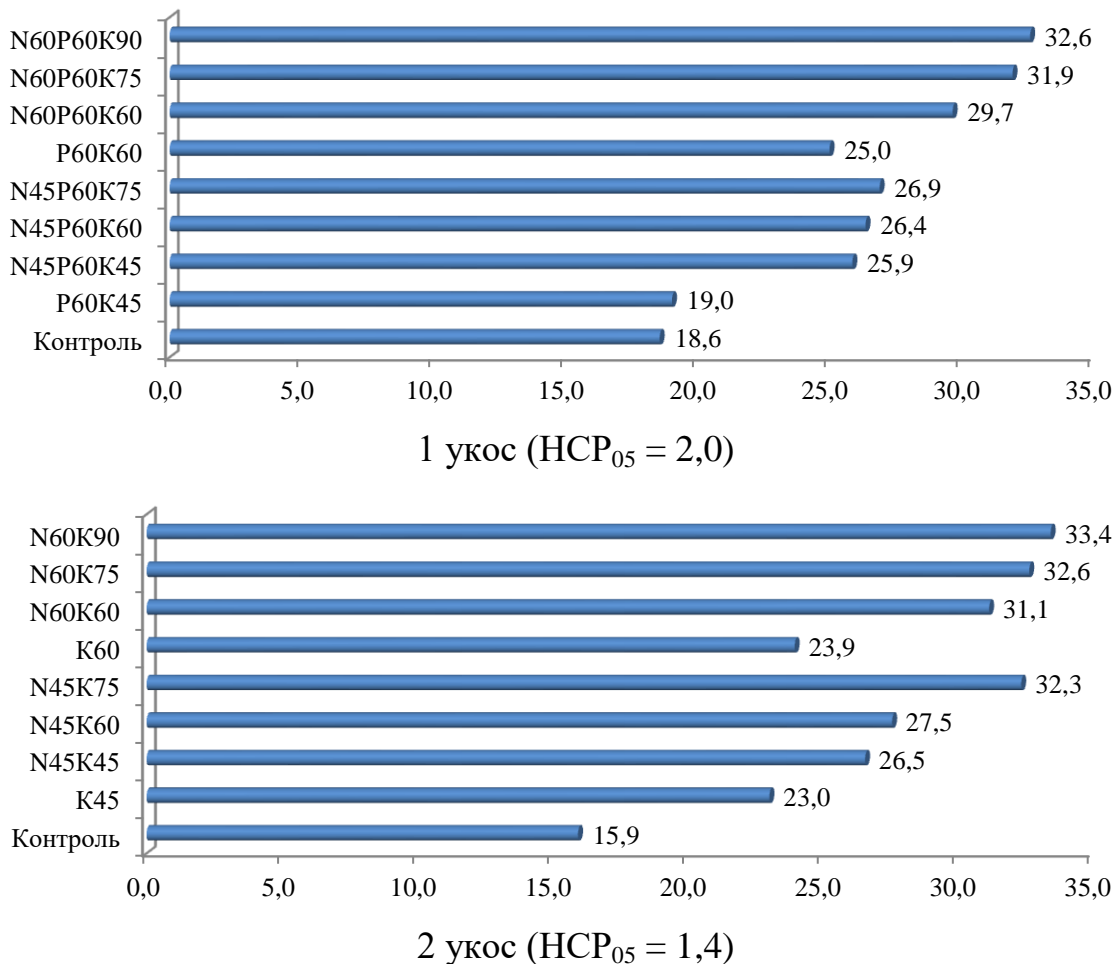


Рисунок 3.9. – Содержание каротина в сене при поверхностном улучшении центральной поймы (среднее за 2019-2021 годы), мг/кг

Возделывание сеяной мятликовой травосмеси с применением под первый и второй укосы возрастающих доз удобрения от N45P60K45 до N60P60K60 и от N45K45 до N60K60 достоверно повышает содержание каротина в сене соответственно до 29,7 и 31,1 мг/кг в сравнении контролем. Выявили существенную разницу соответственно в сравнении с фосфорно-калийным и калийным удобрением в повышении содержания каротина в период первого и второго укосов. Обнаружили достоверную разницу между до-

зами минерального удобрения в повышении содержания каротина в сене в период первого и второго укосов (рис. 3.9).

Применение возрастающих доз калийного удобрения в полном минеральном и азотно-калийном удобрении при возделывании сеяной мятликовой травосмеси достоверно повышает содержание каротина в сене первого и второго укоса до 32,6 и 33,4 мг/кг в сравнении с контролем. Выявили достоверную разницу между дозами минерального удобрения в повышении содержания каротина в сене в период первого и второго укосов.

Таким образом, главный фактор существенного повышения содержания каротина в сене при возделывании мятликовой травосмеси на поверхностно улучшенном лугу центральной поймы является применение минерального удобрения.

Поверхностное улучшение пойменного луга с последующим посевом мятликовой травосмеси обуславливает получения продукции кормопроизводства с содержанием сырого жира в зависимости от погодных условий года исследования 3,3-3,4 и 3,1-3,2 % на сухое вещество соответственно в период первого и второго укосов, данное содержание обусловлено биологическими особенностями мятликовых трав и почвенно-климатическими условиями. Агротехнические и организационные мероприятия, за годы исследования незначительно изменяли показатель содержания сырого жира в период первого и второго укосов (табл. 3.12).

Возделывание сеяной мятликовой травосмеси с применением под первый и второй укосы фосфорно-калийного и калийного удобрения обуславливает содержание сырого жира в сене в зависимости от погодных условий года исследования 3,4-3,6 %.

Возделывании сеяной мятликовой травосмеси с применением под первый и второй укосы полного минерального и азотно-калийного удобрения соответственно обуславливает в зависимости от погодных условий года исследования содержание сырого жира в продукции кормопроизводства 3,4-4,1 и 3,6-4,0 % на сухое вещество (табл. 3.12).



Таблица 3.12 – Содержание сырого жира в сене при поверхностном улучшении центральной поймы по годам исследования, % на сухое вещество

Вариант	Год						Коэффициент вариации, %	
	2019		2020		2021			
	1 укос	2 укос	1 укос	2 укос	1 укос	2 укос	1 укос	2 укос
Контроль	3,3	3,2	3,4	3,2	3,3	3,1	2,5	1,3
P60K90	3,6	3,4	3,4	3,5	3,6	3,5	2,2	0,6
N90P60K90	3,6	3,8	3,6	3,4	3,8	3,6	3,6	5,4
N90P60K120	4,0	3,8	3,7	3,5	3,9	3,6	3,5	4,2
N90P60K150	3,9	3,7	3,9	3,8	4,0	3,7	1,3	1,6
P60K120	3,6	3,6	3,6	3,5	3,5	3,6	1,8	1,8
N120P60K120	3,9	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	1,7	1,1
N120P60K150	4,0	3,8	3,8	3,8	3,9	3,9	2,4	0,5
N120P60K180	4,1	3,9	3,9	4,0	4,0	3,9	1,8	1,0

Применение различных видов минерального удобрения, доз и соотношения в них элементов питания в периоды первого и второго укосов незначительно влияют на изменчивость содержания сырого жира в сене по годам исследования.

Таким образом, выявили, что погодные условия годов исследования не влияют на изменчивость показателя содержания сырого жира в сене, как без применения минерального удобрения, так и с ним.

В среднем за годы исследования при проведении поверхностного улучшения центральной поймы и посеве мятликовой травосмеси содержание сырого жира в сене первого и второго укоса составило 3,3 и 3,2 % на сухое вещество.

Применение фосфорно-калийного удобрения существенно не влияет на повышение содержание сырого жира в сене первого укоса, внесение калийного удобрения под второй укос достоверно повышает содержание сырого жира в сене до 3,6 % на сухое вещество в сравнении с контролем. Достоверной разницы между дозами минерального удобрения в повышении содержания сырого жира в сене в период первого и второго укосов не обнаружили (рис. 3.10).

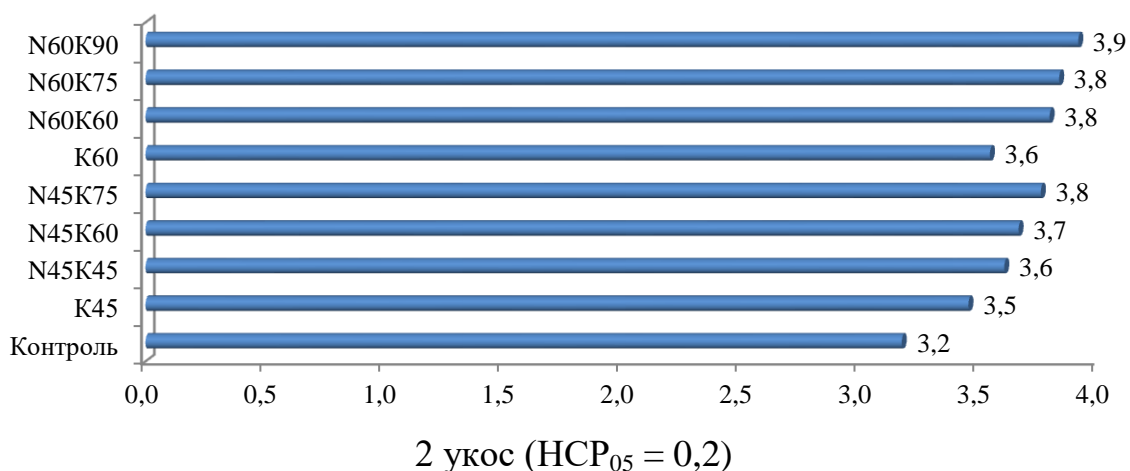
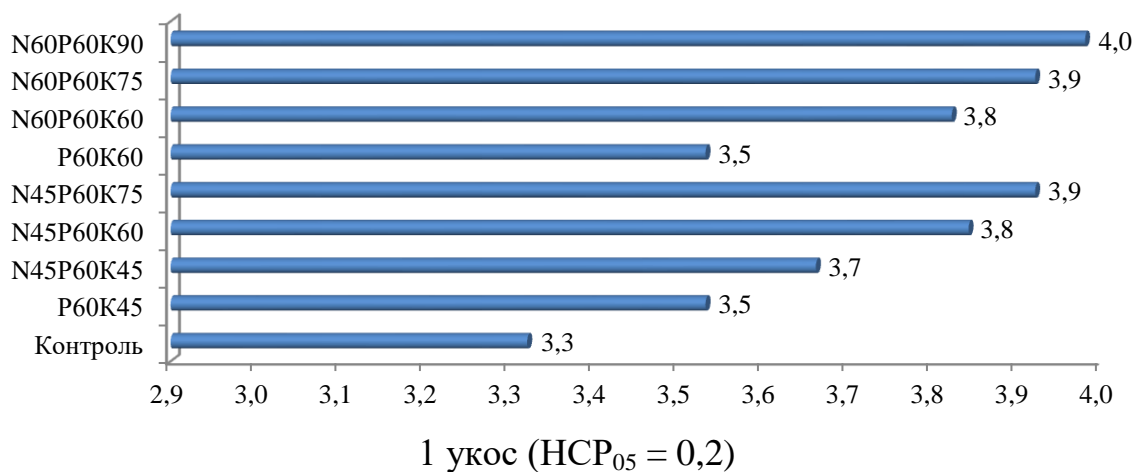


Рисунок 3.10 – Содержание сырого жира в сене при поверхностном улучшении центральной поймы (среднее за 2019-2021 годы), % на сухое вещество

Возделывание сеяной мятликовой травосмеси с применением под первый и второй укосы возрастающих доз удобрения от N45P60K45 до N60P60K60 и от N45K45 до N60K60 достоверно повышает содержание сырого жира в сене до 3,8 % в сравнении контролем. Выявили существенную разницу соответственно в сравнении с фосфорно-калийным и калийным удобрением в повышении содержания сырого жира в период первого и второго укосов. Достоверной разницы между дозами минерального удобрения в повышении содержания сырого жира в сене в период первого и второго укосов не обнаружили (рис. 3.10).

Применение возрастающих доз калийного удобрения в полном минеральном и азотно-калийном удобрении при возделывании сеяной мятликовой

травосмеси достоверно повышает содержание сырого жира в сене первого и второго укоса до 4,0 и 3,9 % на сухое вещество в сравнении с контролем. Достоверной разницы между дозами минерального удобрения в повышении содержания сырого жира в сене в период первого и второго укосов не обнаружили (рис. 3.10).

Таким образом, главный фактор существенного повышения содержания сырого жира в сене при возделывании мятликовой травосмеси на поверхностно улучшенном лугу центральной поймы является применение минерального удобрения.

Применение азотного удобрения в условиях пойм, может привести к накоплению нитратов в продукции кормопроизводства.

Поверхностное улучшение пойменного луга с последующим посевом мятликовой травосмеси обуславливает получения продукции кормопроизводства с содержанием нитратов в зависимости от погодных условий года исследования 179-192 и 234-253 мг/кг вещества соответственно в период первого и второго укосов, данное содержание обусловлено биологическими особенностями мятликовых трав и почвенно-климатическими условиями. Агротехнические и организационные мероприятия, за годы исследования незначительно изменяли показатель содержания нитратов в сене в период первого и второго укосов (табл. 3.13).

Применение фосфорно-калийного и калийного удобрения соответственно под первый и второй укосы при возделывании сеяной мятликовой травосмеси обуславливает содержание сырого жира в продукции кормопроизводства в зависимости от погодных условий года исследования 196-233 и 241-377 мг/кг.

Применение полного минерального и азотно-калийного удобрения соответственно под первый и второй укосы при возделывании сеяной мятликовой травосмеси обуславливает в зависимости от погодных условий года исследования содержание сырого жира в продукции кормопроизводства 227-279 и 259-395 мг/кг (табл. 3.13).

Таблица 3.13 – Содержание нитратов в сене при поверхностном улучшении центральной поймы по годам исследования, мг/кг

Вариант	Год						Коэффициент вариации, %	
	2019		2020		2021			
	1 укос	2 укос	1 укос	2 укос	1 укос	2 укос	1 укос	2 укос
Контроль	190	236	179	234	192	253	3,7	4,3
P60K90	222	251	196	241	212	264	6,2	4,6
N90P60K90	231	262	227	259	235	274	1,7	3,0
N90P60K120	243	280	237	287	246	312	1,9	5,7
N90P60K150	248	324	247	346	255	353	1,7	4,4
P60K120	212	352	203	354	233	377	7,1	3,8
N120P60K120	251	383	242	336	266	379	4,8	7,1
N120P60K150	267	358	263	369	277	386	2,7	3,8
N120P60K180	277	379	266	375	279	395	2,6	2,8

Выявили, что содержание нитратов в сене второго укоса было выше до 1,4 раз в сравнении с первым укосом, в зависимости от года исследований и применяемого минерального удобрения.

Применение различных видов минерального удобрения, доз и соотношения в них элементов питания в периоды первого и второго укосов незначительно влияют на изменчивость содержания нитратов в сене по годам исследования.

Установили, что норматив содержания нитратов в сене 1000 мг/кг в годы исследований при различном применении минерального удобрения превышен не был.

Таким образом, выявили, что погодные условия годов исследования не влияют на изменчивость показателя содержания нитратов в сене, как без применения минерального удобрения, так и с ним.

В среднем за годы исследования при проведении поверхностного улучшения центральной поймы и посеве мятликовой травосмеси содержание нитратов в сене первого и второго укоса составило 187 и 241 мг/кг (рис. 3.11).

Применение фосфорно-калийного и калийного удобрения существенно повышает содержание нитратов в сене первого и второго укосов до 216 и 361 мг/кг в сравнении с контролем. Достоверной разницы между дозами мине-

рального удобрения в повышении содержания нитратов в сене в период первого укоса не обнаружили, в период второго укоса наблюдали существенные различия (рис. 3.11).

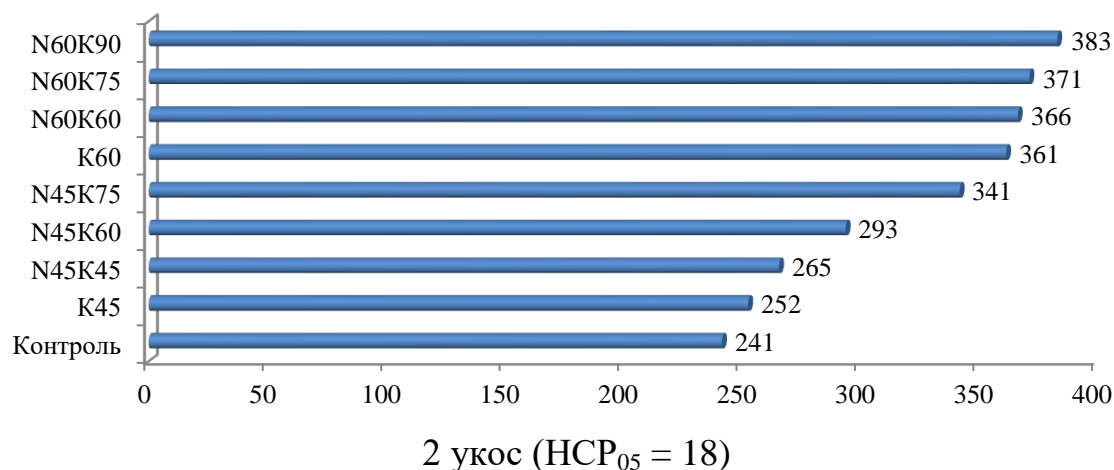
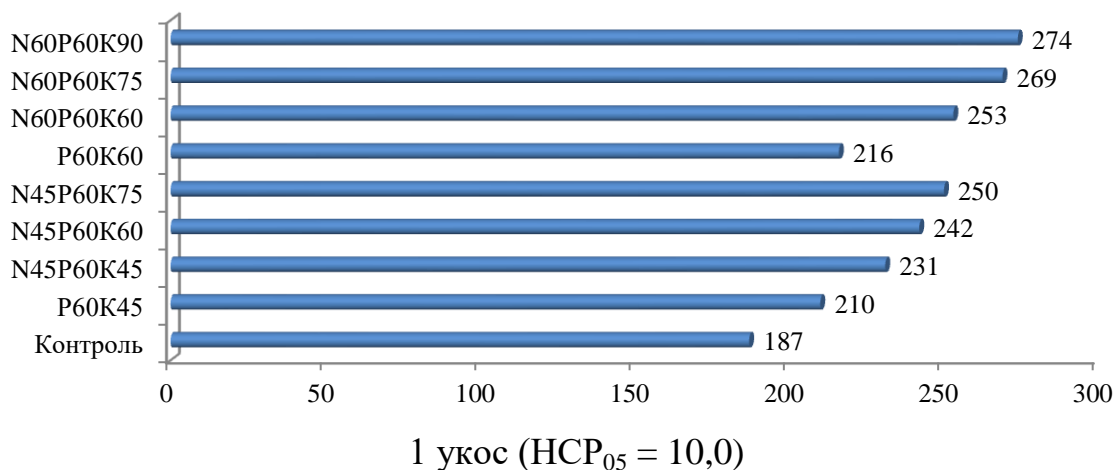


Рисунок 3.11 – Содержание нитратов в сене при поверхностном улучшении центральной поймы (среднее за 2019-2021 годы), мг/кг

Возделывание сеяной мятликовой травосмеси с применением под первый и второй укосы возрастающих доз удобрения от N45P60K45 до N60P60K60 и от N45K45 до N60K60 достоверно повышает содержание нитратов в сене соответственно до 253 и 366 мг/кг в сравнении контролем. Обнаружили достоверную разницу между дозами минерального удобрения в повышении содержания нитратов в сене в период первого и второго укосов (рис. 3.11).

Применение возрастающих доз калийного удобрения в полном минеральном и азотно-калийном удобрении при возделывании сеяной мятликовой

травосмеси достоверно повышает содержание нитратов в сене первого и второго укоса до 274 и 383 мг/кг в сравнении с контролем. Обнаружили достоверную разницу между дозами минерального удобрения в повышении содержания нитратов в сене в период первого укоса, в период второго укоса в зависимости от соотношения доз калийного и азотного в удобрении достоверная разница то проявлялась, то наблюдали лишь тенденцию к повышению (рис. 3.11).

Таким образом, главный фактор существенного повышение содержания нитратов в сене при возделывании мятликовой травосмеси на поверхностно улучшенном лугу центральной поймы является применение минерального удобрения.

### 3.4 Элементный состав продукции кормопроизводства

Поверхностное улучшение пойменного луга с последующим посевом мятликовой травосмеси обуславливает получения продукции кормопроизводства с содержанием азота в зависимости от погодных условий года исследования 1,62-1,65 и 1,41-1,46 % на сухое вещество соответственно в период первого и второго укосов, данное содержание обусловлено биологическими особенностями мятликовых трав и почвенно-климатическими условиями. Агротехнические и организационные мероприятия, за годы исследования незначительно изменяли показатель содержания в сене азота в период первого и второго укосов.

Применение фосфорно-калийного и калийного удобрения соответственно под первый и второй укосы при возделывании сеяной мятликовой травосмеси обуславливает содержание азота в продукции кормопроизводства в зависимости от погодных условий года исследования 1,67-1,90 и 1,50-1,56 % на сухое вещество (табл. 3.14).

Таблица 3.14 – Содержание азота в сене сеяной травосмеси при поверхностном улучшении центральной поймы по годам исследования, % на сухое вещество

Вариант	Год						Коэффициент вариации, %	
	2019		2020		2021			
	1 укос	2 укос	1 укос	2 укос	1 укос	2 укос	1 укос	2 укос
Контроль	1,63	1,46	1,62	1,41	1,65	1,42	0,9	1,9
P60K90	1,68	1,56	1,67	1,53	1,69	1,54	0,6	1,0
N90P60K90	2,27	1,69	2,26	1,72	2,28	1,71	0,4	0,9
N90P60K120	2,35	1,97	2,34	2,09	2,36	2,12	0,4	3,9
N90P60K150	2,42	2,35	2,41	2,34	2,43	2,38	0,4	0,9
P60K120	1,88	1,51	1,89	1,50	1,90	1,55	0,5	1,7
N120P60K120	2,35	2,19	2,34	2,17	2,37	2,20	0,6	0,7
N120P60K150	2,46	2,22	2,40	2,24	2,48	2,26	1,7	0,9
N120P60K180	2,48	2,31	2,46	2,32	2,53	2,28	1,4	0,9

Применение полного минерального и азотно-калийного удобрения соответственно под первый и второй укосы при возделывании сеяной мятликовой травосмеси обуславливает в зависимости от погодных условий года исследования содержание азота в продукции кормопроизводства 2,26-2,53 и 1,69-2,38 % на сухое вещество (табл. 3.14).

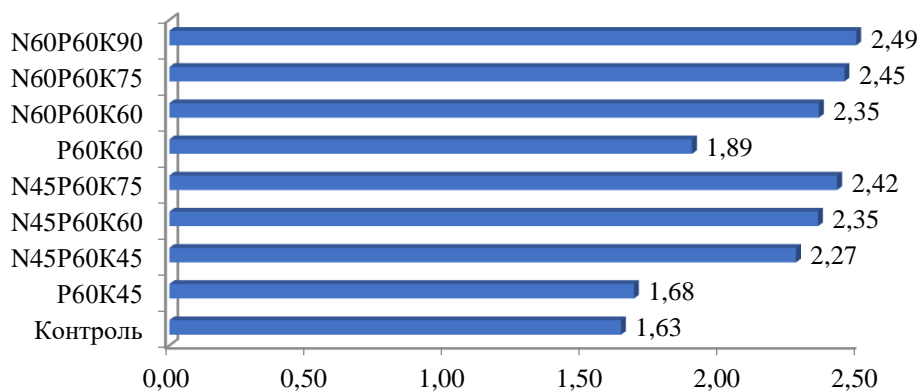
Применение различных видов минерального удобрения, доз и соотношения в них элементов питания в периоды первого и второго укосов незначительно влияют на изменчивость содержания азота в сене по годам исследования.

Таким образом, выявили, что погодные условия годов исследования не влияют на изменчивость показателя содержания азота в сене, как без применения минерального удобрения, так и с ним.

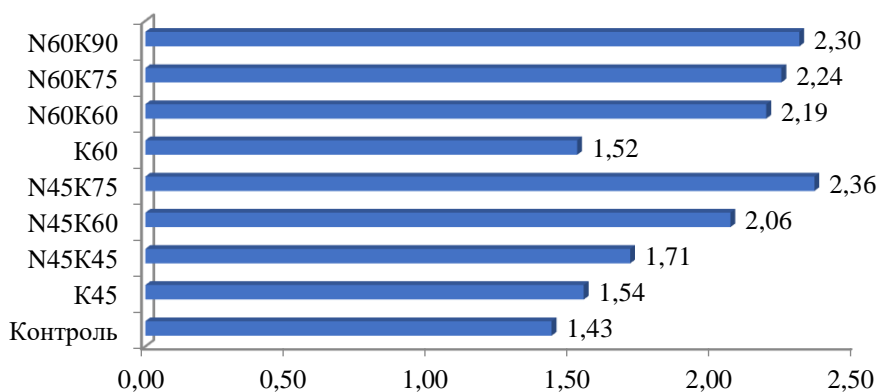
В среднем за годы исследования при проведении поверхностного улучшения центральной поймы и посеве мятликовой травосмеси содержание азота в сене первого и второго укоса составило 1,63 и 1,43 % на сухое вещество.

Применение фосфорно-калийного удобрения достоверно повышает до 1,86 и 1,52 % на сухое вещество содержание азота в сене соответственно первого и второго укосов в сравнении с контролем. Обнаружили достоверную

разницу между дозами минерального удобрения в повышении содержания азота в сене в период первого укоса, в период второго укоса, такой закономерности не наблюдали (рис. 3.12).



1 укос ( $HCP_{05} = 0,02$ )



2 укос ( $HCP_{05} = 0,06$ )

Рисунок 3.12 – Содержание азота в сене сеяной травосмеси при поверхностном улучшении центральной поймы (среднее за 2019-2021 годы), % на сухое вещество

Возделывание сеяной мятликовой травосмеси с применением под первый и второй укосы возрастающих доз удобрения от N45P60K45 до N60P60K60 и от N45K45 до N60K60 достоверно повышает содержание азота в сене до 2,35 и 2,19 % в сравнении контролем. Выявили существенную разницу соответственно в сравнении с фосфорно-калийным и калийным удобрением в повышении содержания азота в период первого и второго укосов. Установили достоверную разницу между дозами минерального удобрения в повышении содержания азота в сене в период первого и второго укосов (рис. 3.12).



Возделывание сеяной мятликовой травосмеси с применением возрастающих доз калийного удобрения в минеральном удобрении достоверно повышает содержание в сене первого и второго укоса азота до 2,49 и 2,30 % в сравнении с контролем. Обнаружили достоверную разницу между дозами минерального удобрения в повышении содержания азота в сене в период первого укоса, в период второго укоса в зависимости от соотношения доз калийного и азотного в удобрении достоверная разница то проявлялась, то наблюдали лишь тенденцию к повышению (рис. 3.12).

Таким образом, главный фактор существенного повышение содержания азота в сене при возделывании мятликовой травосмеси на поверхностно улучшенном лугу центральной поймы является применение минерального удобрения.

Поверхностное улучшение пойменного луга с последующим посевом мятликовой травосмеси обуславливает получения продукции кормопроизводства с содержанием фосфора в зависимости от погодных условий года исследования 0,22-0,24 % на сухое вещество в период первого и второго укосов, данное содержание обусловлено биологическими особенностями мятликовых трав и почвенно-климатическими условиями. Агротехнические и организационные мероприятия, за годы исследования незначительно изменяли показатель содержания в сене фосфора в период первого и второго укосов.

Возделывание сеяной мятликовой травосмеси с применением под первый и второй укосы фосфорно-калийного и калийного удобрения обуславливает в сене содержание фосфора в зависимости от погодных условий года исследования соответственно 0,26-0,33 и 0,27-0,34 % (табл. 3.15).

Возделывание сеяной мятликовой травосмеси с применением под первый и второй укосы полного минерального и азотно-калийного удобрения обуславливает в зависимости от погодных условий года исследования содержание в продукции кормопроизводства фосфора соответственно 0,28-0,39 и 0,32-0,42 % (табл. 3.15).

Таблица 3.15 – Содержание фосфора в сене сеяной травосмеси при поверхностном улучшении центральной поймы по годам исследования, % на сухое вещество

Вариант	Год						Коэффициент вариации, %	
	2019		2020		2021			
	1 укос	2 укос	1 укос	2 укос	1 укос	2 укос	1 укос	2 укос
Контроль	0,23	0,23	0,22	0,22	0,24	0,24	4,3	4,3
P60K90	0,27	0,28	0,28	0,27	0,26	0,29	3,7	3,6
N90P60K90	0,28	0,35	0,29	0,32	0,30	0,35	3,4	5,1
N90P60K120	0,38	0,37	0,34	0,34	0,33	0,37	7,6	4,8
N90P60K150	0,38	0,42	0,37	0,38	0,39	0,40	2,6	5,0
P60K120	0,33	0,33	0,29	0,32	0,28	0,34	8,8	3,0
N120P60K120	0,31	0,36	0,30	0,33	0,32	0,36	3,2	4,9
N120P60K150	0,33	0,38	0,32	0,34	0,34	0,37	3,0	5,7
N120P60K180	0,38	0,42	0,37	0,38	0,39	0,40	2,6	5,0

Применение различных видов минерального удобрения, доз и соотношения в них элементов питания в периоды первого и второго укосов незначительно влияют на изменчивость содержания фосфора в сене по годам исследования.

Таким образом, выявили, что погодные условия годов исследования не влияют на изменчивость показателя содержания фосфора в сене, как без применения минерального удобрения, так и с ним.

В среднем за годы исследования при проведении поверхностного улучшения центральной поймы и посеве мятликовой травосмеси содержание фосфора в сене первого и второго укоса составило 0,23 % на сухое вещество.

Применение под первый и второй укосы соответственно фосфорно-калийного и калийного удобрения достоверно повышает в сене содержание фосфора до 0,30 и 0,33 % в сравнении с контролем. Обнаружили достоверную разницу между дозами минерального удобрения в повышении содержания фосфора в сене в период второго укоса, в период первого укоса, такой закономерности не наблюдали (рис. 3.13).

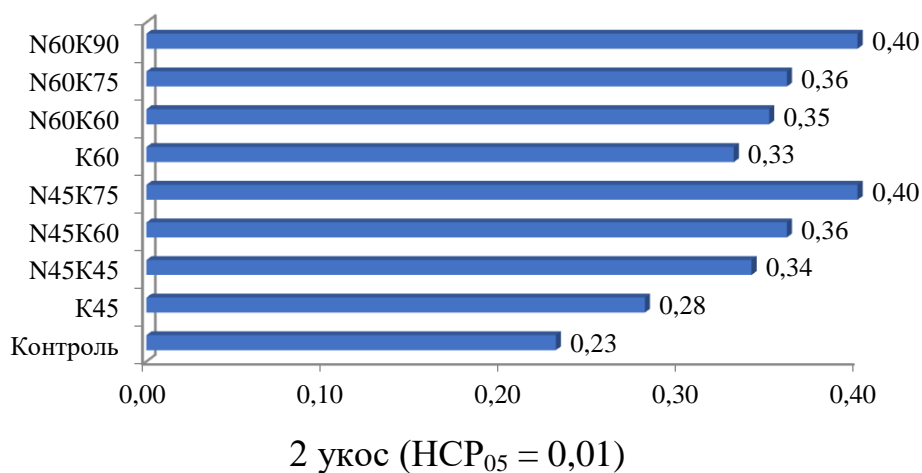
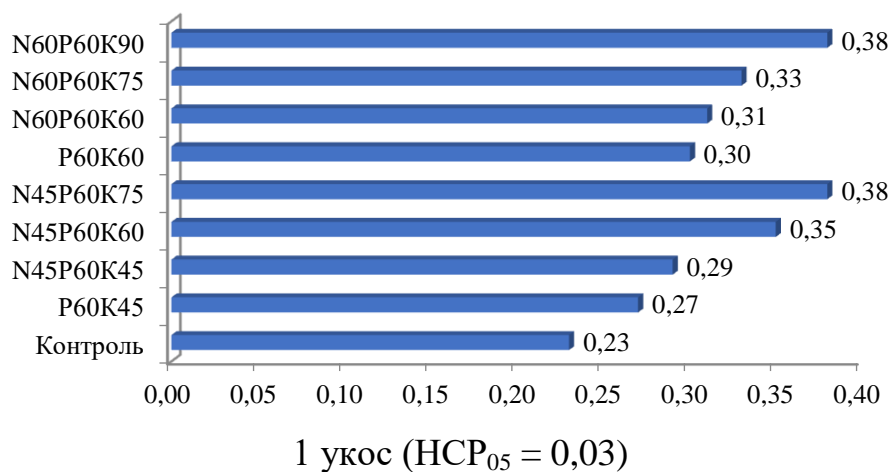


Рисунок 3.13 – Содержание фосфора в сене сеяной травосмеси при поверхностном улучшении центральной поймы (среднее за 2019-2021 годы), % на сухое вещество

Возделывание сеяной мятликовой травосмеси с применением под первый и второй укосы возрастающих доз удобрения от N45P60K45 до N60P60K60 и от N45K45 до N60K60 достоверно повышает в сене содержание фосфора до 0,31 и 0,35 % в сравнении контролем. Разницы между дозами минерального удобрения в повышении в сене в период первого и второго укосов содержания фосфора не обнаружили (рис. 3.13).

Возделывание сеяной мятликовой травосмеси с применением под первый и второй укосы возрастающих доз калийного удобрения в минеральном удобрении достоверно повышает в сене содержание фосфора до 0,38 и 0,40 % в сравнении с контролем. Обнаружили достоверную разницу между дозами минерального удобрения в повышении содержания фосфора в сене в период

первого и второго укосов под действием возрастающих доз калийного удобрения в полном или азотно-калийном удобрении (рис. 3.13).

Таким образом, главный фактор существенного повышение содержания фосфора в сене при возделывании мятликовой травосмеси на поверхностно улучшенном лугу центральной поймы является применение минерального удобрения.

Поверхностное улучшение пойменного луга с последующим посевом мятликовой травосмеси обуславливает получения продукции кормопроизводства с содержанием калия в зависимости от погодных условий года исследования 1,62-1,72 и 1,46-1,54 % на сухое вещество в период первого и второго укосов, данное содержание обусловлено биологическими особенностями мятликовых трав и почвенно-климатическими условиями. Агротехнические и организационные мероприятия, за годы исследования незначительно изменяли показатель содержания в сене калия в период первого и второго укосов (табл. 3.16).

Таблица 3.16 – Содержание калия в сене сеяной травосмеси при поверхностном улучшении центральной поймы по годам исследования, % на сухое вещество

Вариант	Год						Коэффициент вариации, %	
	2019		2020		2021			
	1 укос	2 укос	1 укос	2 укос	1 укос	2 укос	1 укос	2 укос
Контроль	1,68	1,48	1,62	1,46	1,72	1,54	3,0	2,8
P60K90	1,82	1,66	1,74	1,74	1,96	1,74	6,1	2,7
N90P60K90	2,34	1,89	2,08	1,98	2,48	2,04	8,8	3,8
N90P60K120	2,54	1,96	2,28	1,94	2,60	2,15	6,9	5,7
N90P60K150	2,59	2,48	2,39	2,39	2,68	2,44	5,8	1,9
P60K120	2,04	1,74	1,94	1,78	2,12	1,84	4,4	2,8
N120P60K120	2,45	2,18	2,38	2,12	2,58	2,16	4,1	1,4
N120P60K150	2,64	2,28	2,50	2,32	2,70	2,42	3,9	3,1
N120P60K180	2,84	2,48	2,72	2,36	2,92	2,54	3,6	3,7

Возделывание сеяной мятликовой травосмеси с применением под первый и второй укосы фосфорно-калийного и калийного удобрения обуславли-

вает в сене содержание фосфора в зависимости от погодных условий года исследования соответственно 1,74-2,12 и 1,661,84 %.

Возделывание сеяной мятликовой травосмеси с применением под первый и второй укосы полного минерального и азотно-калийного удобрения обуславливает в зависимости от погодных условий года исследования содержание в сене калия соответственно 2,08-2,92 и 1,89-2,54 % (табл. 3.16).

Применение различных видов минерального удобрения, доз и соотношения в них элементов питания в периоды первого и второго укосов незначительно влияют на изменчивость содержания калия в сене по годам исследования.

Таким образом, выявили, что погодные условия годов исследования не влияют на изменчивость показателя содержания калия в сене, как без применения минерального удобрения, так и с ним.

В среднем за годы исследования при проведении поверхностного улучшения центральной поймы и посеве мятликовой травосмеси содержание калия в сене первого и второго укоса составило 1,67 и 1,49 % на сухое вещество.

Применение под первый и второй укосы фосфорно-калийного и калийного удобрения достоверно повышает в сене содержание калия соответственно до 2,03 и 1,79 % в сравнении с контролем. Обнаружили достоверную разницу между дозами минерального удобрения в повышении содержания калия в сене в период первого укоса, в период второго укоса, такой закономерности не наблюдали.

Возделывание сеяной мятликовой травосмеси с применением под первый и второй укосы возрастающих доз удобрения от N45P60K45 до N60P60K60 и от N45K45 до N60K60 достоверно повышает в сене содержание калия до 2,47 и 2,15 % в сравнении контролем. Обнаружили существенную разницу между дозами минерального удобрения в повышении содержания калия в сене в период первого и второго укосов (рис. 3.14).

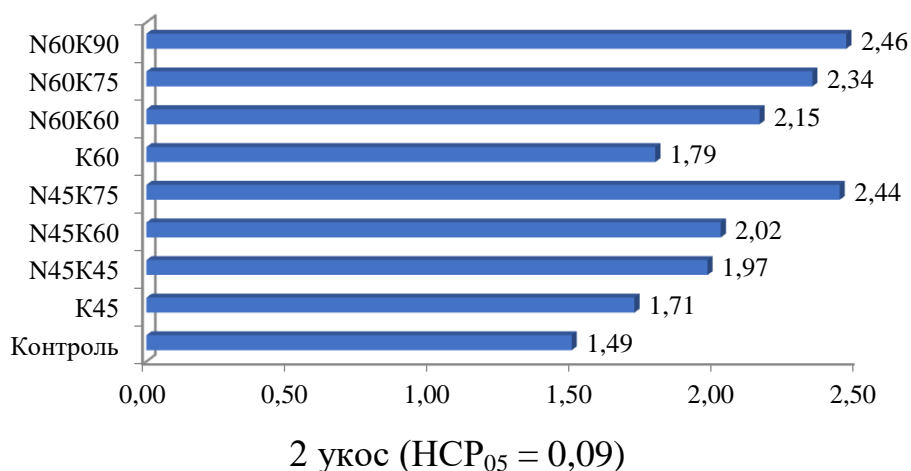
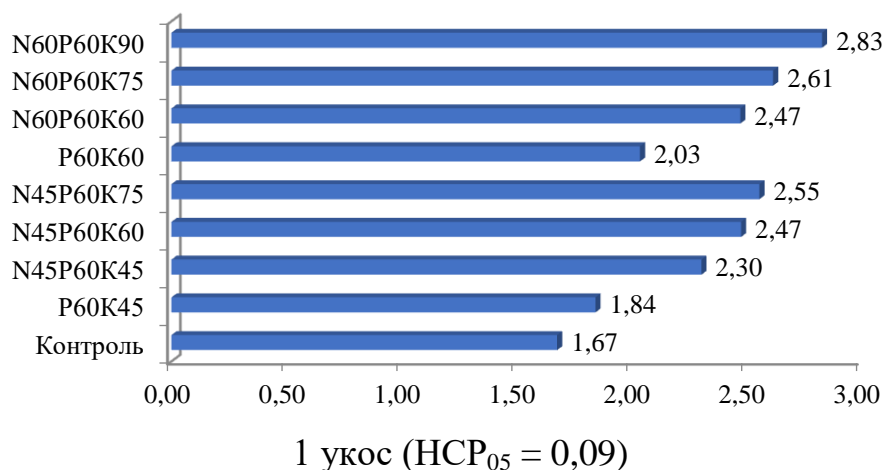


Рисунок 3.14 – Содержание калия в сене сеяной травосмеси при поверхностном улучшении центральной поймы (среднее за 2019-2021 годы), % на сухое вещество

Возделывание сеяной мятликовой травосмеси с применением под первый и второй укосы возрастающих доз калийного удобрения в минеральном удобрении достоверно повышает в сене содержание калия соответственно до 2,83 и 2,46 % в сравнении с контролем. Обнаружили достоверную разницу между дозами минерального удобрения в повышении содержания калия в сене в период первого и второго укосов под действием возрастающих доз калийного удобрения в полном или азотно-калийном удобрении (рис. 3.14).

Таким образом, при поверхностном улучшении луга центральной поймы и возделывании мятликовой травосмеси, применение минерального удобрения является главный фактор существенного повышение содержания в сене калия.

### 3.5 Баланс элементов питания при возделывании мятликовой травосмеси

В условиях центральной поймы, при возделывании сеяной мятликовой травосмеси главной расходной частью в балансе элементов питания является вынос с основной и побочной продукцией кормопроизводства питательных веществ, и если побочная продукция, в последствие, минерализуется, и в почве происходит возврат элементов (Косьянчук и др., 2004; Шаповалов и др., 2012). С основной продукцией (сено, зелёная масса) кормопроизводства выносятся азот, фосфор и калий, количество которых зависит как от содержания элементов в продукции, так и от урожайности мятликовой травосмеси. Вынос с основной частью продукции кормопроизводства брали по данным лабораторно-аналитических исследований элементного состава сухого вещества сеяного мятликового травостоя в различные периоды уборки при различных видах, дозах минерального удобрения и соотношения в нём элементов питания.

Общий вынос азота сеяной мятликовой травосмесью, в среднем за годы исследования, при возделывании её без применения минерального удобрения, составил 29,3 в период первого укоса и 9,5 кг/га в период второго укоса.

Установили, что наибольший вынос азота 169,5 и 117,5 кг/га сеяной мятликовой травосмесью обусловлен применением под первый и второй укосы минерального удобрения в дозах соответственно N60P60K90 и N60K90, рост выноса азота с урожаем мятликовой травосмеси был обусловлен ростом уровня минерального питания.

Основным резервом поступления азота в почву служат средства химизации, в нашем полевом опыте дозы азотного удобрения колебались от 90 до 120 кг/га в год, также в расчёте учитывали 10 кг/га в год полученных в результате жизнедеятельности свободноживущие азотофиксирующие микроорганизмы и 5 кг/га в год поступающих с атмосферными осадками.

Таблица 3.17 – Минеральные удобрения в балансе элементов питания при возделывании сеяной мятликовой травосмеси

Вариант	Вынос, кг/га			Поступление, кг/га			Баланс, кг/га		
	N	P	K	N	P	K	N	P	K
1 укос									
Контроль	29,3	4,1	30,0	7,5	0	0	-21,8	-4,1	-30,0
P60K45	57,3	9,2	62,8	7,5	26,2	37,5	-49,8	17,0	-25,3
N45P60K45	138,5	17,7	140,4	52,5	26,2	37,5	-86,0	8,5	-102,9
N45P60K60	150,9	22,5	158,9	52,5	26,2	50,0	-98,4	3,7	-108,9
N45P60K75	160,9	25,3	169,8	52,5	26,2	62,5	-108,4	0,9	-107,3
P60K60	66,9	10,6	72,0	7,5	26,2	50,0	-59,4	15,6	-22,0
N60P60K60	152,4	20,1	160,0	67,5	26,2	50,0	-84,9	6,1	-110,0
N60P60K75	162,3	21,9	173,4	67,5	26,2	62,5	-94,8	4,3	-110,9
N60P60K90	169,5	25,9	192,4	67,5	26,2	75,0	-102,0	0,3	-117,4
2 укос									
Контроль	9,5	1,5	9,9	7,5	0	0,0	-2,0	-1,5	-9,9
K45	22,4	4,1	24,8	7,5	0	37,5	-14,9	-4,1	12,7
N4545	60,5	12,1	69,9	52,5	0	37,5	-8,0	-12,1	-32,4
N45K60	79,0	13,8	77,4	52,5	0	50,0	-26,5	-13,8	-27,4
N4575	104,7	17,8	108,3	52,5	0	62,5	-52,2	-17,8	-45,8
K60	27,1	5,9	31,9	7,5	0	50,0	-19,6	-5,9	18,1
N60K60	100,7	16,1	99,1	67,5	0	50,0	-33,2	-16,1	-49,1
N60K75	107,1	17,2	111,9	67,5	0	62,5	-39,6	-17,2	-49,4
N60K90	117,5	20,4	125,5	67,5	0	75,0	-50,0	-20,4	-50,5

В условиях 2019-2021 годов проведения полевых исследований на контрольном варианте в период уборки урожая первого и второго укосов баланс азота составил соответственно –21,8 и –2,0 кг/га. Применение под первый и второй укосы соответственно фосфорно-калийного и калийного удобрения увеличивают вынос азота, не компенсируя приход элемента питания. Баланс азота варьирует в зависимости от доз и периода уборки соответственно от –49,8 до –57,4 и от –14,9 до –19,6 кг/га.



Возделывание сеяной мятликовой травосмеси с применением под первый и второй укосы возрастающих доз калийного удобрения в минеральном удобрении соответственно, увеличивают урожайность сена и содержание в нём элемента питания настолько, что не компенсируют применением азотного удобрения. Баланс азота варьирует от  $-86,0$  до  $-102,0$  и от  $-8,0$  до  $-50$  кг/га в зависимости от доз и периода уборки соответственно.

Выявили, что отрицательный баланс азота в период первого укоса больше в сравнении с периодом уборки второго укоса. Увеличение урожайности первого и второго укосов обуславливает возрастания отрицательного баланса азота (табл. 3.17).

Основной статьёй прихода фосфора в балансе элементов питания было применение фосфорного удобрения в период первого укоса ( $26,2$  кг / га в год), в период второго укоса фосфорные удобрения не применяли.

Баланс фосфора на контрольном варианте в условиях проведения исследований 2019-2021 годов составил  $-4,1$  и  $-1,5$  кг/га соответственно в период уборки урожая первого и второго укосов. Применение фосфорно-калийного и калийного удобрения соответственно под первый и второй укосы увеличивают вынос фосфора с урожаем, который компенсируется приходом элемента питания только в период первого укоса. Баланс фосфора варьирует в зависимости от доз удобрения и периода уборки соответственно от  $15,6$  до  $17,0$  и от  $-4,1$  до  $-5,9$  кг/га.

Применение в период первого и второго укосов возрастающих доз калийного удобрения в минеральном удобрении, увеличивает урожайность и вынос элемента питания, который компенсируется фосфорным удобрением только в период первого укоса. Баланс фосфора варьирует от  $0,3$  до  $8,5$  и от  $-12,1$  до  $-20,4$  кг/га соответственно в зависимости от доз удобрения и периода уборки (табл. 3.17).

Увеличение урожайности первого укоса обуславливает снижение положительного баланса фосфора, в период второго укоса наблюдали увеличение отрицательного баланса фосфора.

Применение в период первого и второго укосов калийного удобрения явилось главной статьёй 75-150 кг / га в год прихода калия в балансе элемента питания. В условиях проведения исследований 2019-2021 годов на контрольном варианте баланс калия соответственно составил –30,0 и –9,9 кг/га в период уборки урожая первого и второго укосов. Применение под первый и второй укосы соответственно фосфорно-калийного и калийного удобрения увеличивают вынос калия с урожаем, который компенсируется приход элемента питания с удобрениями только в период второго укоса. Баланс калия варьирует в зависимости от доз удобрения и периода уборки соответственно от –22,0 до –25,3 и от 12,0 до 18,1 кг/га.

Применение в период уборки урожая первого и второго укосов возрастающих доз калийного удобрения в минеральном удобрении, повышают урожайность и вынос элемента питания, который не компенсируется калийным удобрением. Баланс калия варьирует от –102,7 до –117,4 и от –27,4 до –50,5 кг/га в зависимости от доз удобрения и периода уборки соответственно (табл. 3.17).

Установили, что вынос элементов питания зависел от урожайности сеяной мятликовой травосмеси и элементного состава сухой массы.

Определили, что при возделывании посевов мятликовой травосмеси при применении исследуемых видов, доз минерального удобрения с целью получения высоких урожаев при максимальном уровне химизации баланс элементов питания невозможно поддерживать на без отрицательном уровне.

## ГЛАВА 4 РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ МИНЕРАЛЬНОГО УДОБРЕНИЯ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ МЯТЛИКОВОЙ ТРАВОСМЕСИ

### 4.1 Удельная активность $^{137}\text{Cs}$ продукции кормопроизводства

Ведение кормопроизводства в условиях радиоактивного загрязнения территории влечёт за собой риск получения продукции кормопроизводства не отвечающих нормативу по уровню содержания  $^{137}\text{Cs}$ . В зависимости от использования центрального пойменного луга (пастбища или сенокос) получали различные корма, грубые или зелёные, которые имеют разные допустимые уровни содержания  $^{137}\text{Cs}$ , допустимый уровень содержания  $^{137}\text{Cs}$  в зелёной массе сеяных трав – 370 Бк/кг, а в сене – 600 Бк/кг (Инструкция о радиологическом контроле..., 1994). В данном случае исследовали эффективность минерального удобрения в снижении поступления радионуклида в продукцию кормопроизводства из почвы в зависимости доз, соотношения элементов питания и видов в различных климатических условиях и периоды уборки урожая. Высокое содержание калийного удобрения в минеральном удобрении обусловлено высоким уровнем радиоактивного загрязнения и низким содержанием подвижного калия в почве места исследования.

Первый период полураспада  $^{137}\text{Cs}$  прошёл в 2016 году, при этом посевом мятликовой травосмеси на поверхностно улучшенном пойменном лугу обуславливает получение зелёной массы первого и второго укосов с удельной активностью  $^{137}\text{Cs}$  соответственно 1080-1188 и 993-1095 Бк/кг в зависимости от погодных условий года исследования, что превышает допустимый уровень. Погодные условия в исследуемый период при возделывании мятликовой тра-

восмеси незначительно влияют на изменчивость показателя удельной активности  $^{137}\text{Cs}$  в зелёной массе первого и второго укосов без применения минерального удобрения, коэффициент вариации был меньше 10% (табл. 4.1).

Наиболее оптимальный год по природно-климатическим условиям, когда выявили наименьшую удельную активность  $^{137}\text{Cs}$  зелёной массы сеяного мятликового травостоя, в период первого укоса – 2019, а в период второго укоса – 2020 (табл. 4.1).

Таблица 4.1 – Удельная активность  $^{137}\text{Cs}$  зелёной массы сеяной травосмеси при поверхностном улучшении центральной поймы по годам исследования, Бк/кг

Вариант	Год						Коэффициент вариации, %	
	2019		2020		2021			
	1 укос	2 укос	1 укос	2 укос	1 укос	2 укос	1 укос	2 укос
Контроль	1080	1056	1152	993	1188	1095	4,8	4,9
P60K90	121	93	138	84	113	109	10,3	13,3
N90P60K90	245	206	238	208	273	228	7,3	5,7
N90P60K120	200	215	209	187	236	216	8,7	8,0
N90P60K150	121	128	141	126	146	159	9,7	13,4
P60K120	107	95	112	87	135	106	12,7	10,1
N120P60K120	169	167	175	153	224	178	15,9	7,5
N120P60K150	112	104	93	84	116	106	11,5	12,4
N120P60K180	72	71	86	64	98	83	15,2	13,2

Возделывание сеяной мятликовой травосмеси с применением под первый и второй укосы фосфорно-калийного и калийного удобрения обуславливают удельную активность  $^{137}\text{Cs}$  зелёной массы соответственно 107-138 и 84-109 Бк/кг в зависимости от погодных условий года исследования. Установили среднюю изменчивость показателя в период первого и второго укосов от погодных условий при применении фосфорно-калийного и калийного удобрения (табл. 4.1).

Возделывание сеяной мятликовой травосмеси с применением под первый и второй укосы полного минерального и азотно-калийного удобрения обуславливают удельную активность  $^{137}\text{Cs}$  зелёной массы соответственно 72-273 и 64-228 Бк/кг в зависимости от погодных условий года исследования.

Установили незначительную или среднюю изменчивость показателя удельной активности  $^{137}\text{Cs}$  зелёной массы в период первого и второго укосов в зависимости от доз минерального удобрения и соотношения в нем элементов питания.

Таким образом, выявили, что погодные условия периода исследований по-разному действуют на эффективность применения исследуемых минеральных удобрений на пастбище.

Для оценки вклада отдельных элементов питания в изменения содержания  $^{137}\text{Cs}$  в урожае зелёной массы сеяной мятликовой травосмеси провели корреляционных анализ (рис. 4.1).

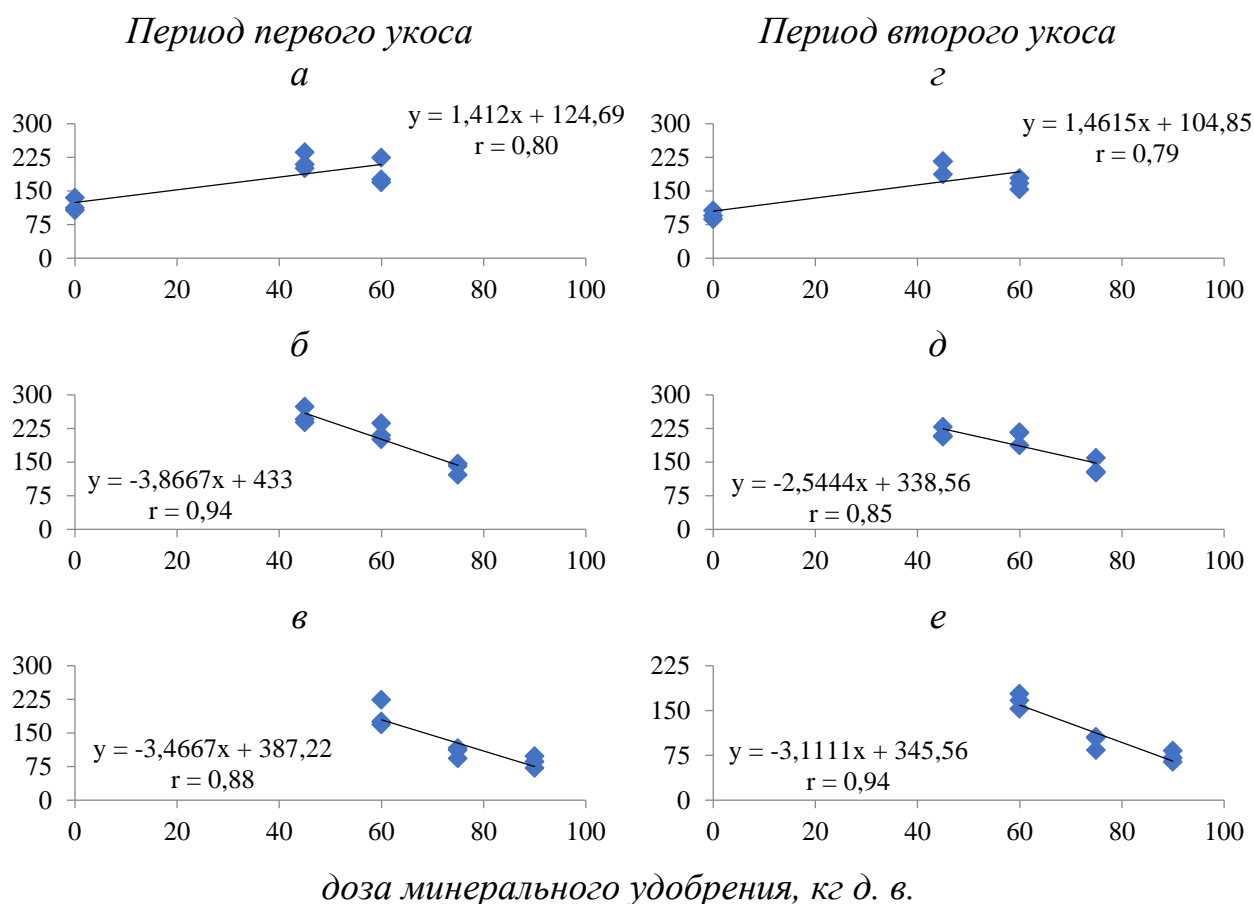


Рисунок 4.1 – Корреляционная зависимость ( $n = 9$ ) удельной активности  $^{137}\text{Cs}$  (Бк/кг) зелёной массы сеяной мятликовой травосмеси и доз минерального удобрения (кг д.в.), (2019-2021 год исследований):

а – дозы азотного удобрения на фоне  $\text{P}_{60}\text{K}_{60}$ , б – дозы калийного удобрения на фоне  $\text{N}_{45}\text{P}_{60}$ , в – дозы азотного удобрения на фоне  $\text{N}_{60}\text{P}_{60}$ , г – дозы калийного удобрения на фоне  $\text{N}_{60}$ , д – дозы азотного удобрения на фоне  $\text{K}_{60}$ , е – дозы калийного удобрения на фоне  $\text{N}_{45}$ .

Установили, что вне зависимости от периода уборки урожая, возрастающие дозы азотного удобрения по фону фосфорно-калийного или калийного удобрения имеют сильную положительную связь с повышением удельной активности  $^{137}\text{Cs}$  зелёной массы,  $r = 0,80-0,79$ .

Определили сильную отрицательную связь удельной активности  $^{137}\text{Cs}$  зелёной массы и возрастающих доз калийного удобрения от K45 до K75 и от K60 до K90 по фону азотно-фосфорного удобрения,  $r = 0,88-0,94$ .

Выявили сильную отрицательную связь удельной активности  $^{137}\text{Cs}$  зелёной массы и возрастающих доз калийного удобрения от K45 до K75 и от K60 до K90 по фону азотного удобрения,  $r = 0,85-0,94$ .

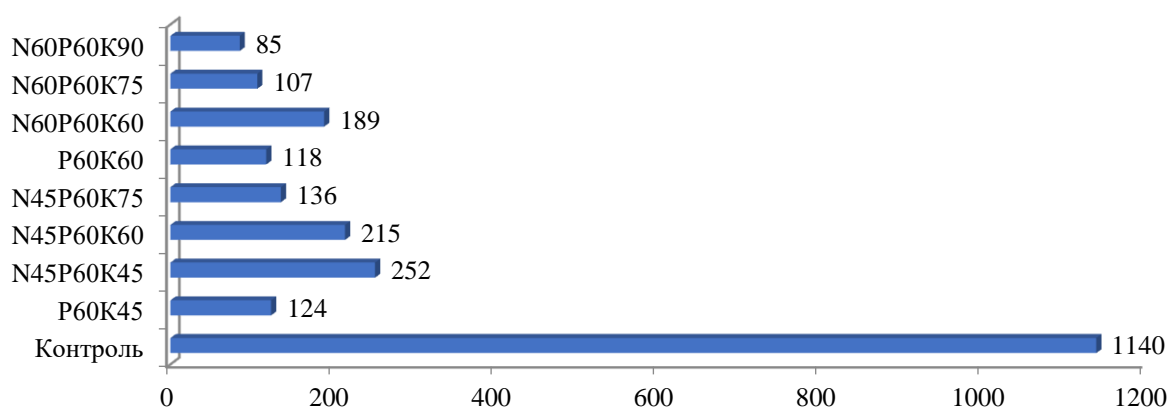
Установили, что основным элементом, отвечающим за повышение удельной активности  $^{137}\text{Cs}$  зелёной массы сеяной мятликовой травосмеси, является азот. Калий – основной элемент, отвечающий за снижение удельной активности  $^{137}\text{Cs}$  зелёной массы сеяной мятликовой травосмеси.

Обобщающий показатель, который характеризует статистические значения за период исследования, является средняя величина, она позволяет сравнить эффективность минерального удобрения при возделывании сеяной мятликовой травосмеси в изменяющихся условиях среды годов исследования.

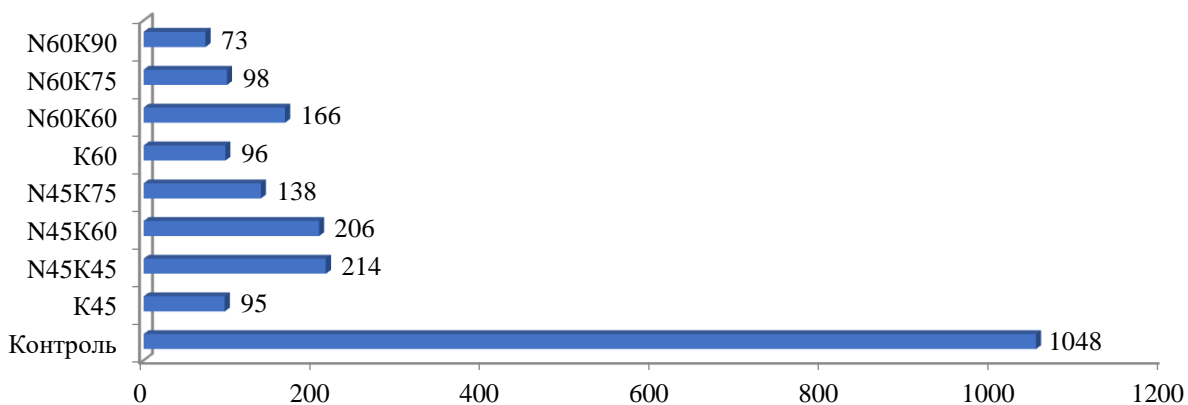
В среднем за период исследования, при проведении поверхностного улучшения с посевом мятликовой травосмеси на центральной пойме обуславливает получение зелёной массы первого и второго укоса с удельной активностью  $^{137}\text{Cs}$  соответственно 1140 и 1048 Бк/кг, что превышает допустимый уровень в 3,1 и 2,8 раз.

Возделывание сеяной мятликовой травосмеси с применением под первый и второй укосы возрастающих доз фосфорно-калийного и калийного удобрения достоверно снижает удельную активность  $^{137}\text{Cs}$  зелёной массы соответственно в 9,7 и 10,9 раза в сравнении контролем. Разницы между дозами минерального удобрения в снижении удельной активности  $^{137}\text{Cs}$  зелёной массы в период первого и второго укосов не обнаружили (рис. 4.2).

Возделывание сеяной мятликовой травосмеси с применением под первый и второй укосы возрастающих доз удобрения от N45P60K45 до N60P60K60 и от N45K45 до N60K60 достоверно снижает соответственно в 6,0 и 6,3 раза удельную активность  $^{137}\text{Cs}$  зелёной массы в сравнении контролем, а в сравнении с фосфорно-калийным и калийным удобрением достоверно повышает удельную активность  $^{137}\text{Cs}$  зелёной массы. Обнаружили существенную разницу между дозами минерального удобрения в снижении удельной активности  $^{137}\text{Cs}$  зелёной массы первого и второго укосов (рис. 4.2).



1 укос ( $\text{HCP}_{05} = 34$ )



2 укос ( $\text{HCP}_{05} = 26$ )

Рисунок 4.2 – Удельная активность  $^{137}\text{Cs}$  зелёной массы сеяной травосмеси при поверхностном улучшении центральной поймы (среднее за 2019-2021 годы), Бк/кг

Возделывание сеяной мятликовой травосмеси с применением под первый и второй укосы возрастающих доз калийного удобрения в минеральном удобрении достоверно снижает соответственно в 13,4 и 14,3 раза удельную

активность  $^{137}\text{Cs}$  зелёной массы в сравнении контролем. Между дозами калийного удобрения в минеральном удобрении обнаружили существенную разницу в снижении удельной активности  $^{137}\text{Cs}$  зелёной массы в период первого и второго укосов (рис. 4.2).

Таким образом, применение минерального удобрения в исследуемых дозах, и соотношениях в нем элементов питания позволяет получать зелёные корма с допустимым содержанием  $^{137}\text{Cs}$  в них, только поверхностное улучшение и посев мятликовой травосмеси на радиоактивно загрязнённой территории центральной поймы реки Ипуть, с уровнем загрязнения выше  $555 \text{ кБк/м}^2$ , обуславливает получение зелёного корма в период первого и второго укосов не отвечающего допустимому уровню по содержанию  $^{137}\text{Cs}$ .

Поверхностное улучшение пойменного луга с последующим посевом мятликовой травосмеси обуславливает получение сена с удельной активностью  $^{137}\text{Cs}$  2234-2256 и 2156-2295 Бк/кг соответственно первого и второго укосов в зависимости от погодных условий года исследования, что превышает допустимый уровень. Погодные условия при возделывании мятликовой травосмеси без применения минерального удобрения в исследуемый период незначительно влияют на изменчивость показателя удельной активности  $^{137}\text{Cs}$  в сене первого и второго укосов, коэффициент вариации был меньше 10%. Наиболее оптимальный год по природно-климатическим условиям, когда наблюдали наименьшую удельную активность  $^{137}\text{Cs}$  сена сеяного травостоя, для первого укоса был 2020, а для второго укоса – 2019 год (табл. 4.2).

Применение фосфорно-калийного и калийного удобрения под первый и второй укосы при возделывании сеяной мятликовой травосмеси обуславливают удельную активность  $^{137}\text{Cs}$  сена соответственно 237-378 и 221-367 Бк/кг в зависимости от погодных условий года исследования. В период исследования установили среднюю изменчивость показателя удельной активности  $^{137}\text{Cs}$  сена в период первого укоса от погодных условий при применении фосфорно-калийного удобрения в дозе Р60К60. Другие исследуемые дозы незначитель-



но изменяли показатель в периоды использования сенокоса под действием погодных условий (табл. 4.2).

Таблица 4.2 – Удельная активность  $^{137}\text{Cs}$  сена сеяной травосмеси при поверхностном улучшении центральной поймы по годам исследования, Бк/кг

Вариант	Год						Коэффициент вариации, %	
	2019		2020		2021			
	1 укос	2 укос	1 укос	2 укос	1 укос	2 укос	1 укос	2 укос
Контроль	2236	2156	2234	2295	2256	2162	0,5	3,6
P60K90	378	367	345	336	366	320	4,6	7,0
N90P60K90	818	818	867	746	793	788	4,6	4,6
N90P60K120	263	463	244	436	288	457	8,3	3,1
N90P60K150	292	233	275	239	237	287	10,5	11,7
P60K120	225	221	237	230	276	248	10,8	5,9
N120P60K120	383	332	337	353	378	326	6,9	4,2
N120P60K150	292	292	284	297	312	254	4,9	8,4
N120P60K180	238	192	232	262	256	209	5,2	16,5

Применение полного минерального и азотно-калийного удобрения под первый и второй укосы при возделывании сеяной мятликовой травосмеси обуславливают удельную активность  $^{137}\text{Cs}$  сена соответственно 232-867 и 192-118 Бк/кг в зависимости от погодных условий года исследования. В период исследования установили незначительную изменчивость показателя удельной активности  $^{137}\text{Cs}$  сена в период первого и второго укосов в зависимости от доз минерального удобрения и соотношения в нем элементов питания, исключение составила доза N90P60K150 за два укоса, когда наблюдали среднюю изменчивость показателя удельной активности  $^{137}\text{Cs}$  сена. При этом установили, вне зависимости от погодных условий при применении дозы N90P60K90 за два укоса, полученные корма не отвечали допустимому уровню содержания  $^{137}\text{Cs}$  в сене.

Таким образом, выявили, что погодные условия периода исследований по-разному действуют на эффективность применения исследуемых минеральных удобрений на сенокосе.

Для оценки вклада отдельных элементов питания в изменения содержания  $^{137}\text{Cs}$  в урожае сена сеяной мятликовой травосмеси провели корреляционных анализ (рис. 4.3).

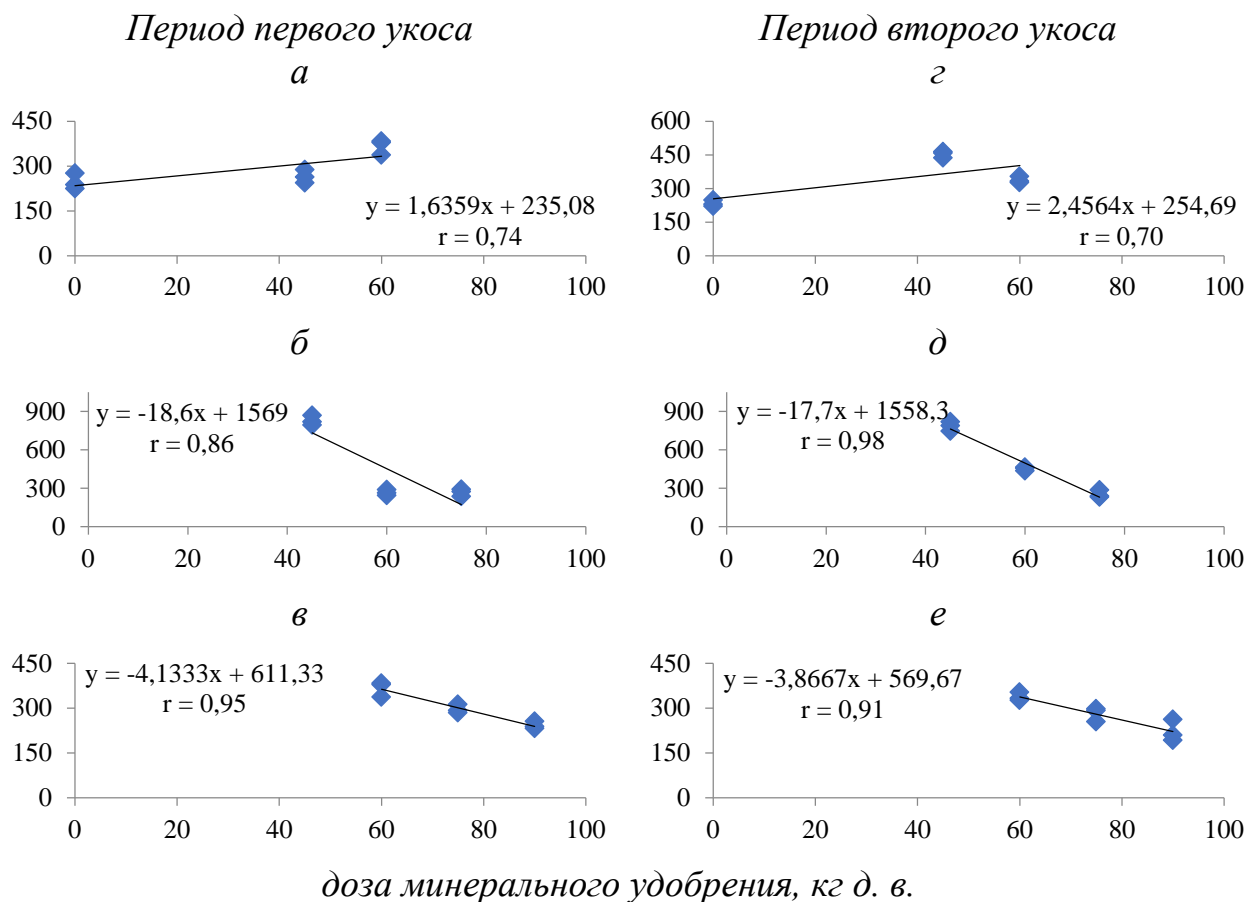


Рисунок 4.3 – Корреляционная зависимость ( $n = 9$ ) удельной активности  $^{137}\text{Cs}$  (Бк/кг) сена сеяной мятликовой травосмеси и доз минерального удобрения (кг д.в.), (2019-2021 год исследований):

а – дозы азотного удобрения на фоне  $\text{P}_{60}\text{K}_{60}$ , б – дозы калийного удобрения на фоне  $\text{N}_{45}\text{P}_{60}$ , в – дозы калийного удобрения на фоне  $\text{N}_{60}\text{P}_{60}$ , г – дозы азотного удобрения на фоне  $\text{K}_{60}$ , д – дозы калийного удобрения на фоне  $\text{N}_{45}$ , е – дозы калийного удобрения на фоне  $\text{N}_{60}$ .

Установили, что вне зависимости от периода уборки урожая, применение возрастающих доз азотного удобрения по фону фосфорно-калийного или калийного удобрения имеет сильную положительную связь в повышении удельной активности  $^{137}\text{Cs}$  сена,  $r = 0,70-0,74$ .

Применение возрастающих доз калийного удобрения от  $\text{K}_{45}$  до  $\text{K}_{75}$  и от  $\text{K}_{60}$  до  $\text{K}_{90}$  по фону азотно-фосфорного удобрения имеет сильную отри-

цательную связь в снижении удельной активности  $^{137}\text{Cs}$  сена первого укоса,  $r = 0,86-0,95$ .

Применение возрастающих доз калийного удобрения от K45 до K75 и от K60 до K90 по фону азотного удобрения имеет соответственно сильную отрицательную связь в снижении удельной активности  $^{137}\text{Cs}$  сена второго укоса,  $r = 0,91-0,98$ .

Установили, что основным элементом, отвечающий за повышение удельной активности  $^{137}\text{Cs}$  сена сеяной мятликовой травосмеси, является азот. Калий – основной элемент, отвечающий за снижение удельной активности  $^{137}\text{Cs}$  сена сеяной мятликовой травосмеси.

В среднем за период исследования при проведении поверхностного улучшения центральной поймы и посеве мятликовой травосмеси удельная активность  $^{137}\text{Cs}$  сена первого и второго укоса соответственно составила 2242 и 2204 Бк/кг, которая превышает допустимый уровень в 3,7 раз (рис. 4.4).

Возделывание сеяной мятликовой травосмеси с применением под первый и второй укосы соответственно фосфорно-калийного и калийного удобрения достоверно снижает в 9,1 и 9,5 раза удельную активность  $^{137}\text{Cs}$  сена в сравнении контролем. Обнаружили разницу между дозами минерального удобрения в снижении удельной активности  $^{137}\text{Cs}$  сена в период первого и второго укосов.

Возделывание сеяной мятликовой травосмеси с применением под первый и второй укосы соответственно возрастающих доз удобрения от N45P60K45 до N60P60K60 и от N45K45 до N60K60 достоверно снижает в 6,1 и 6,5 раз удельную активность  $^{137}\text{Cs}$  сена в сравнении контролем. В сравнении с применением фосфорно-калийного и калийного удобрения достоверно повышает удельную активность  $^{137}\text{Cs}$  сена первого и второго укосов. Обнаружили существенную разницу между дозами минерального удобрения в снижении удельной активности  $^{137}\text{Cs}$  сена первого и второго укосов (рис. 4.4).

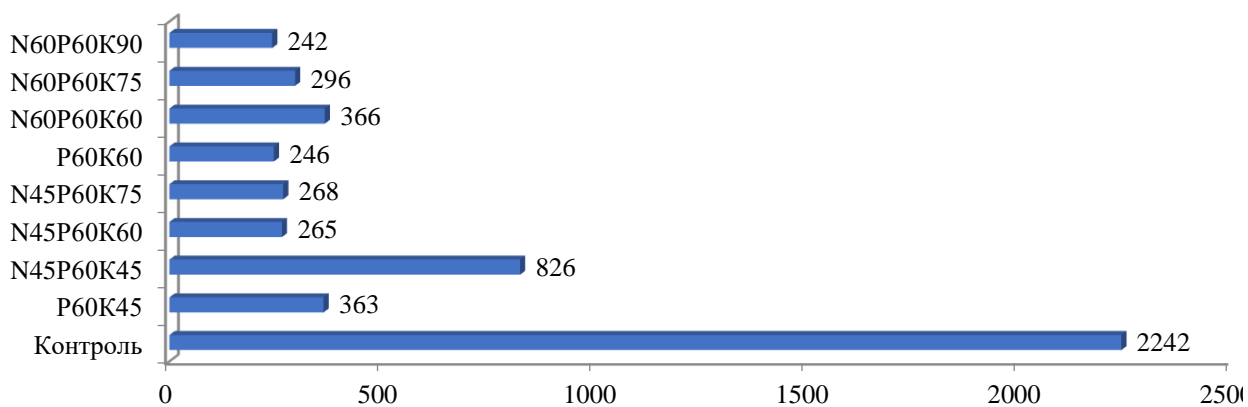
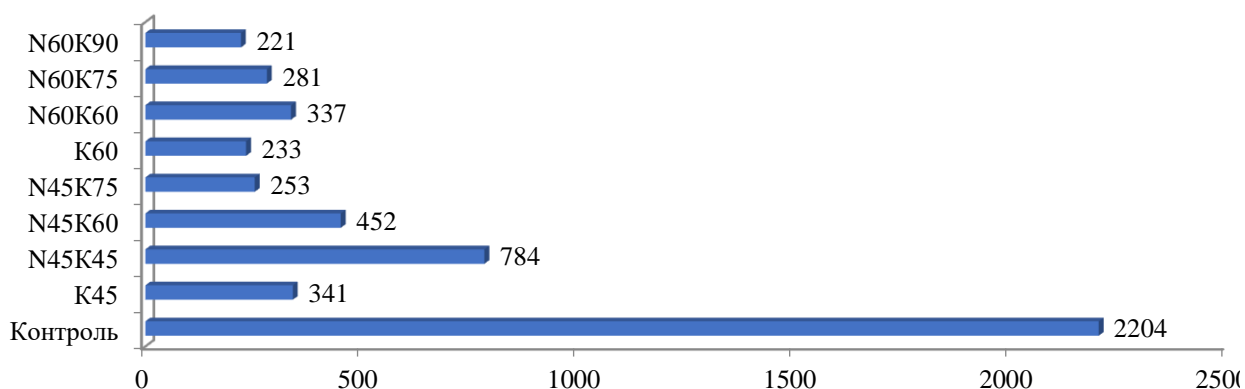
1 укос ( $\text{HCP}_{05} = 42$ )2 укос ( $\text{HCP}_{05} = 65$ )

Рисунок 4.4 – Удельная активность  $^{137}\text{Cs}$  сена сеяной травосмеси при поверхностном улучшении центральной поймы (среднее за 2019-2021 годы), Бк/кг

Возделывание сеяной мятликовой травосмеси с применением под первый и второй укосы соответствующих доз калийного удобрения в минеральном удобрении достоверно снижает в 9,3 и 10,0 раз удельную активность  $^{137}\text{Cs}$  сена в сравнении контролем. Обнаружили существенную разницу между дозами калийного удобрения в минеральном удобрении в снижении удельной активности  $^{137}\text{Cs}$  сена первого и второго укосов (рис. 4.4).

Таким образом, поверхностное улучшение и посев мятликовой травосмеси на радиоактивно загрязнённой территории центральной поймы реки Ипуть, с уровнем загрязнения выше  $555 \text{ кБк/м}^2$ , и использованием данной территории в качестве сенокоса ведёт к получению грубых кормов не отвечающего допустимому уровню по содержанию  $^{137}\text{Cs}$ . Применение минерального удобрения в исследуемых дозах, и соотношениях в нем элементов питания

позволяет получать сена с допустимым содержанием  $^{137}\text{Cs}$  в них, за исключением доз N45P60K45 и N45K45 соответственно под первый и второй укосы, когда наблюдали превышения допустимого уровня.

#### 4.2 Радиозэкологические показатели территории при ведении кормопроизводства

Применение минерального удобрения при производстве зелёных кормов в условиях радиоактивного загрязнения территории центральной поймы реки Ипуть позволяет вернуть кормовые угодья в сельскохозяйственный оборот. Различные технологические приёмы возделывания мятликовой травосмеси по-разному влияют на изменения радиозэкологических показателей территории.

Применение агротехнических мероприятий улучшения поймы и подготовка почвы к посеву, а также подбор мятликовой травосмеси, снижают удельную активность  $^{137}\text{Cs}$  зелёной массы в сравнении с абсолютным контролем, естественный травостой, соответственно в период первого и второго укосов в 1,43 и 1,55 раза, что недостаточно для получения корма с допустимым содержанием  $^{137}\text{Cs}$ .

Применение агрохимических мероприятий по средствам внесения минерального удобрения снижает удельную активность  $^{137}\text{Cs}$  зелёной массы в сравнении контролем соответственно в период первого и второго укосов в 4,52-6,03 и 4,90-6,31 раза, при соотношении калия к азоту в минеральном удобрении как 1 к 1. Возрастание доз калийного удобрения в минеральном удобрении при сохранении соотношения калия к азоту как 1 к 1, ведёт к увеличению кратности снижения удельную активность  $^{137}\text{Cs}$  зелёной массы. Повышение соотношения калия к азоту как 1,66 к 1, в минеральном удобрении в период первого и второго укосов снижает удельную активность  $^{137}\text{Cs}$  зелёной массы в сравнении контролем соответственно 8,38 и 7,59 раз. Повышение соотношения калия к азоту как 1,5 к 1, в минеральном удобрении в период первого и второго укосов снижает удельную активность  $^{137}\text{Cs}$  зелё-

ной массы в сравнении контролем соответственно 13,41 и 14,36 раз. Отметим, что возрастание доз калийного удобрения в минеральном удобрении даже при снижении соотношения калия к азоту с 1,66 к 1 до 1,5 к 1, ведет к увеличению кратности снижения удельную активность  $^{137}\text{Cs}$  зелёной массы. Именно количество калия в почве является лимитирующим фактором потребления растениями  $^{137}\text{Cs}$  (табл. 4.3).

Вынос  $^{137}\text{Cs}$  с урожаем зелёной массы мятликовой травосмеси зависит от двух составляющих, урожайности и содержания  $^{137}\text{Cs}$  в корме, чем выше урожайность и ниже содержание  $^{137}\text{Cs}$ , тем меньше вынос радионуклида, нами установлено, что основной фактор, повышающий урожайность является применение азотных удобрений, при этом они и повышают содержания  $^{137}\text{Cs}$  в зелёной массе. Калийные удобрения, основной фактор, снижающий содержания  $^{137}\text{Cs}$  в зелёной массе и в средней степени повышают урожайность зелёной массы.

Таблица 4.3 – Минеральные удобрения в изменении радиозэкологических показателей территории при производстве зелёных кормов, за 2019-2021 годы

Показатель \ Вариант	Контроль		$\text{N}_{90}\text{P}_{60}\text{K}_{90}$		$\text{N}_{90}\text{P}_{60}\text{K}_{150}$		$\text{N}_{120}\text{P}_{60}\text{K}_{120}$		$\text{N}_{120}\text{P}_{60}\text{K}_{180}$	
	1*	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Кратность снижения, раз	1,43	1,55	4,52	4,90	8,38	7,59	6,03	6,31	13,41	14,36
Вынос $^{137}\text{Cs}$ с урожаем, кБк/га	8778	3249	6829	3788	4012	2663	5443	3420	2618	1716
Удельная активность $^{137}\text{Cs}$ почвы, слоя 0-20 см, Бк/кг	1388		1281		1173		1437		1087	
Коэффициент перехода $^{137}\text{Cs}$ из почвы в растение, ед.	0,82	0,76	0,20	0,17	0,12	0,12	0,13	0,12	0,08	0,07
ПАП, ед.	3,08	2,83	0,68	0,58	0,37	0,37	0,51	0,45	0,23	0,20

\*Примечание: 1 – первый укос, 2 – второй укос.

Наибольший вынос  $^{137}\text{Cs}$  8778 кБк/га с урожаем зелёной массы мятликовой травосмеси в период первого укоса наблюдали под действием агротехнических и организационных мероприятий улучшения поймы, когда низкая урожайность сочетается с высоким содержанием  $^{137}\text{Cs}$ .

Применение агрохимических мероприятий по средствам внесения минерального удобрения, при соотношении калия к азоту как 1 к 1, при возделывании мятликовой травосмеси повышает урожайность и снижает удель-

ную активность  $^{137}\text{Cs}$  зелёной массы, при этом содержание  $^{137}\text{Cs}$  достаточно высокое. Наблюдали наибольший вынос  $^{137}\text{Cs}$  3788 кБк/га с урожаем зелёной массы мятликовой травосмеси в период второго укоса. Возрастание доз калийного удобрения в минеральном удобрении при сохранении соотношения калия к азоту как 1 к 1, ведёт к снижению выноса  $^{137}\text{Cs}$  с урожаем зелёной массы. Повышение доз калия в минеральном удобрении в период первого и второго укосов соответственно снижает вынос  $^{137}\text{Cs}$  с урожаем до минимальных значений 2618 и 1716 кБк/га (табл. 4.3).

Наибольший коэффициент перехода радионуклида из почвы в зелёную массу мятликовой травосмеси в период первого и второго укосов выявили при применении агротехнических и организационных мероприятий улучшения поймы, когда данные мероприятия не являются значимым барьером перехода  $^{137}\text{Cs}$  в зелёные корма.

Применение агрохимических мероприятий по средствам внесения минерального удобрения при возделывании мятликовой травосмеси снижает коэффициент перехода радионуклида из почвы в зелёную массу в сравнении контролем, при соотношении калия к азоту в минеральном удобрении как 1 к 1. Возрастание доз калия в минеральном удобрении при сохранении соотношения калия к азоту как 1 к 1, ведёт к снижению коэффициента перехода  $^{137}\text{Cs}$  соответственно в период первого и второго укосов до 0,13 и 0,12. Повышение соотношения калия к азоту как 1,66 к 1, в минеральном удобрении в период первого и второго укосов снижает данный показатель. Повышение соотношения калия к азоту как 1,5 к 1, в минеральном удобрении в период первого и второго укосов снижает коэффициент перехода  $^{137}\text{Cs}$  из почвы в зелёную массу до минимума 0,08 и 0,07. Отметим, что именно количество калия в почве является ограничительным барьером поступления  $^{137}\text{Cs}$  в растения (табл. 4.3).

При ведении кормопроизводства, полученные корма необходимо оценивать с учетом допустимого уровня содержания  $^{137}\text{Cs}$ , у различных видов кормов они различаются, при этом допустимые уровни содержания  $^{137}\text{Cs}$  в

кормах меняются в течение времени. Просянкин Е.В. с соавторами (2000) предложил для конкретной радиоактивно загрязненной территории использовать показатель агроэкологической пригодности (ПАП), который показывает, отношение фактического содержания  $^{137}\text{Cs}$  (Бк/кг) в кормах к допустимому значению по нормативу. Если ПАП выше единицы, то территория не пригодна для ведения кормопроизводства. Снижение значения показателя агроэкологической пригодности территории ведет к возврату радиоактивно загрязненных территорий в кормопроизводство.

Снижение ПАП возможно по средствам создания барьеров перехода  $^{137}\text{Cs}$  из почвы в продукцию кормопроизводства или изменения нормативов допустимого содержания  $^{137}\text{Cs}$  в кормах.

В условиях поверхностного улучшения центральной поймы реки Ипуть, с плотностью загрязнения  $^{137}\text{Cs}$  выше  $555 \text{ кБк/м}^2$ , и посева мятликовой травосмеси использовать кормовые угодья в качестве пастбища с целью получения зелёных кормов нельзя, ПАП в зависимости от периода использования составлял 2,83-3,08 (табл. 4.3).

Применение агрохимических мероприятий по средствам внесения минерального удобрения при возделывании мятликовой травосмеси снижает ПАП, при соотношении калия к азоту в минеральном удобрении как 1 к 1, в зависимости от периода использования до 0,45-0,51. Возрастание доз калия в минеральном удобрении при сохранении соотношения калия к азоту как 1 к 1, ведет к снижению ПАП. Повышение соотношения калия к азоту как 1,66 к 1, в минеральном удобрении снижает данный показатель. Повышение соотношения калия к азоту как 1,5 к 1, в минеральном удобрении снижает ПАП до минимума 0,23 и 0,20 в зависимости от периода использования. Отметим, что именно количество калия в почве является ограничительным барьером поступления  $^{137}\text{Cs}$  в растения и отражается в показатели агроэкологической пригодности (табл. 4.3).



Применение минерального удобрения при производстве грубых кормов в условиях радиоактивного загрязнения территории центральной поймы реки Ипуть позволяет вернуть кормовые угодья в сельскохозяйственный оборот.

Применение агротехнических мероприятий улучшения поймы и подготовка почвы к посеву, а также подбор мятликовой травосмеси, снижают удельную активность  $^{137}\text{Cs}$  сена в сравнении с абсолютным контролем, естественный травостой, соответственно в период первого и второго укосов в 1,56 и 1,58 раз, что недостаточно для получения корма с допустимым содержанием  $^{137}\text{Cs}$ .

Таблица 4.4 – Минеральные удобрения в изменении радиозэкологических показателей территории при производстве грубых кормов

Показатель \ Вариант	Контроль		$\text{N}_{90}\text{P}_{60}\text{K}_{90}$		$\text{N}_{90}\text{P}_{60}\text{K}_{150}$		$\text{N}_{120}\text{P}_{60}\text{K}_{120}$		$\text{N}_{120}\text{P}_{60}\text{K}_{180}$	
	1*	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Кратность снижения, раз	1,56	1,58	2,71	2,81	8,37	8,71	6,13	6,54	9,26	9,97
Вынос $^{137}\text{Cs}$ с урожаем, кБк/га	4013	1455	5039	2783	1782	1123	2372	1550	1648	1127
Удельная активность $^{137}\text{Cs}$ почвы, слоя 0-20 см, Бк/кг	1388		1281		1173		1437		1087	
Коэффициент перехода из почвы в растение, ед.	1,62	1,59	0,64	0,61	0,23	0,22	0,25	0,23	0,22	0,20
ПАП, ед.	3,74	3,67	1,38	1,31	0,45	0,42	0,61	0,56	0,40	0,37

\*Примечание: 1 – первый укос, 2 – второй укос.

Применение агрохимических мероприятий по средствам внесения минерального удобрения при возделывании мятликовой травосмеси снижает удельную активность  $^{137}\text{Cs}$  сена в сравнении контролем соответственно в период первого и второго укосов в 2,71-6,13 и 2,81-6,54 раза, при соотношении калия к азоту в минеральном удобрении как 1 к 1. Отметим, что возрастание доз калийного удобрения в минеральном удобрении при сохранении соотношения калия к азоту как 1 к 1, ведет к увеличению кратности снижения удельной активности  $^{137}\text{Cs}$  сена. Повышение соотношения калия к азоту как 1,66 к 1, в минеральном удобрении в период первого и второго укосов снижает удельную активность  $^{137}\text{Cs}$  сена в сравнении с контролем соответственно 8,37 и 8,71 раз. Повышение соотношения калия к азоту как 1,5 к 1, в минеральном удобрении в период первого и второго укосов сни-

жает удельную активность  $^{137}\text{Cs}$  сена в сравнении с контролем соответственно 9,26 и 9,97 раз. Отметим, что возрастание доз калийного удобрения в минеральном удобрении даже при снижении соотношения калия к азоту с 1,66 к 1 до 1,5 к 1, ведет к увеличению кратности снижения удельной активности  $^{137}\text{Cs}$  сена. Именно количество калия в почве является лимитирующим фактором потребления растениями  $^{137}\text{Cs}$  (табл. 4.4).

Вынос  $^{137}\text{Cs}$  с урожаем сена мятликовой травосмеси зависит от двух составляющих, урожайности и содержания  $^{137}\text{Cs}$  в корме, чем выше урожайность и ниже содержание  $^{137}\text{Cs}$ , тем меньше вынос радионуклида, нами установлено, что основной фактор, повышающий урожайность является применение азотных удобрений, при этом они и повышают содержания  $^{137}\text{Cs}$  в сене. Калийные удобрения, основной фактор, снижающий содержания  $^{137}\text{Cs}$  в сене и в средней степени повышают урожайность сена.

Наибольший вынос  $^{137}\text{Cs}$  5039 и 2783 кБк/га с урожаем сена мятликовой травосмеси в период первого и второго укосов наблюдали под действием агрохимических мероприятий. Внесение минерального удобрения, при соотношении калия к азоту как 1 к 1, повышает урожайность и снижает удельную активность  $^{137}\text{Cs}$  сена, но содержание  $^{137}\text{Cs}$  еще достаточно высокое.

Возрастание доз калийного удобрения в минеральном удобрении при сохранении соотношения калия к азоту как 1 к 1, ведет к снижению выноса  $^{137}\text{Cs}$  с урожаем сена.

Повышение доз калия в минеральном удобрении в период первого и второго укосов соответственно снижает вынос  $^{137}\text{Cs}$  с урожаем до минимальных значений 1648 и 1127 кБк/га (табл. 4.4).

Наибольший коэффициент перехода радионуклида из почвы в сено мятликовой травосмеси в период первого и второго укосов выявили при применении агротехнических и организационных мероприятий улучшения поймы, когда данные мероприятия не являются значимым барьером перехода  $^{137}\text{Cs}$  в грубые корма.

Применение агрохимических мероприятий по средствам внесения минерального удобрения при возделывании мятликовой травосмеси снижает коэффициент перехода радионуклида из почвы в сено в сравнении контролем, при соотношении калия к азоту в минеральном удобрении как 1 к 1. Возрастание доз калия в минеральном удобрении при сохранении соотношения калия к азоту как 1 к 1, ведет к снижению коэффициента перехода  $^{137}\text{Cs}$  соответственно в период первого и второго укосов до 0,25 и 0,23. Повышение соотношения калия к азоту как 1,66 к 1, в минеральном удобрении в период первого и второго укосов снижает данный показатель. Снижение соотношения калия к азоту как 1,5 к 1 в минеральном удобрении в период первого и второго укосов, но повышение дозы калия в минеральном удобрении снижает коэффициент перехода  $^{137}\text{Cs}$  из почвы в сено до минимума 0,22 и 0,20. Отметим, что именно количество калия в почве является ограничительным барьером поступления  $^{137}\text{Cs}$  в растения (табл. 4.4).

В условиях поверхностного улучшения центральной поймы реки Ипуть, с плотностью загрязнения  $^{137}\text{Cs}$  выше  $555 \text{ кБк/м}^2$ , и посева мятликовой травосмеси использовать кормовые угодья в качестве сенокоса с целью получения грубых кормов нельзя, ПАП в зависимости от периода использования составлял 3,74-3,67 (табл. 4.4).

Применение агрохимических мероприятий по средствам внесения минерального удобрения при возделывании мятликовой травосмеси снижает ПАП, при соотношении калия к азоту в минеральном удобрении как 1 к 1, в зависимости от периода использования до 0,56-0,61. Возрастание доз калия в минеральном удобрении при сохранении соотношения калия к азоту как 1 к 1, ведет к снижению ПАП. Повышение соотношения калия к азоту как 1,66 к 1, в минеральном удобрении снижает данный показатель. Повышение соотношения калия к азоту как 1,5 к 1, в минеральном удобрении снижает ПАП до минимума 0,40 и 0,37 в зависимости от периода использования. Отметим, что именно количество калия в почве является ограничительным

барьером поступление  $^{137}\text{Cs}$  в растения и отражается в показатели агроэкологической пригодности (табл. 4.4).

Таким образом, установили, что за изменения радиэкологических показателей территории при ведении кормопроизводства, главным образом отвечает вид, доза и соотношение элементов питания в минеральном удобрении.

#### 4.3 Модель перехода $^{137}\text{Cs}$ по пищевой цепи «корм-животное-человек»

С момента аварии на Чернобыльской АЭС и выпадении радиоактивных осадков прошло более 35 лет, наступил первый период полураспада основного дозообразующего радионуклида в Брянской области –  $^{137}\text{Cs}$ . «Брянская область остаётся самой загрязнённой в РФ как по площади, так и по количеству выпавших искусственных радионуклидов. Особенно пострадали юго-западные районы области: Гордеевский, Злынковский, Клинцовский, Красногорский и Новозыбковский, где в настоящее время сохраняется вероятность получение дозы облучения за счет продуктов придания, полученных при ведении сельского хозяйства на данной территории. Использование кормовых угодий в производстве грубых и зелёных кормов приводит к получению продукции животноводства, не соответствующей допустимым уровням содержания  $^{137}\text{Cs}$ » (Ратников и др., 1997; Панов и др., 2019; Панов, 2021; Спиридонов и др., 2021).

Концентрации  $^{137}\text{Cs}$  в молоке и мясе при содержании этого радионуклида в кормах, равные существующим контрольным уровням, обеспечивают безопасность молока, но не гарантируют соблюдение гигиенических нормативов на содержание  $^{137}\text{Cs}$  в мясе (Фесенко и др., 2021).

Превышение нормативов по содержанию  $^{137}\text{Cs}$  в продукции животноводства юго-западных районов Брянской области носит длительный (десятки лет) характер и требует продолжения проведения реабилитационных работ. Наиболее эффективно применять Cs-связывающие сорбенты – ферроцинсо-

державные препараты для лактирующих коров и скота на откорме в зависимости от уровней загрязнения  $^{137}\text{Cs}$  лугопастбищных угодий (Панов и др., 2021).

В современных условиях ведения кормопроизводства в условиях радиоактивного загрязнения необходимо внедрять такие технологии производства кормов, которые будут обеспечивать радиационную безопасность населения и экономический рост территории (Просянкин и др., 2000; Панов и др., 2005; 2006; Подоляк и др., 2007; Аверин, Подоляк, 2010; Шаповалов и др., 2014; Белоус, 2018; Бокатуро и др., 2020).

«Особое внимание необходимо обращать на критические продукты питания, вносящие основной вклад в формирование дозы внутреннего облучения населения. Для территории юго-запада Брянской области такими продуктами питания являются молоко и мясо КРС» (Белоус, 2018).

Для оценки накопления и прогноза перехода  $^{137}\text{Cs}$  из грубых и зелёных кормов в продукцию животноводства и далее к человеку необходимо провести расчет модели поведения радионуклида в зависимости от применяемого минерального удобрения при возделывании сеяной мятликовой травосмеси в условиях плотности радиоактивного загрязнения  $^{137}\text{Cs}$  более  $555 \text{ кБк/м}^2$ .

Использование поверхностно улучшенной центральной поймы реки Ипуть с последующим посевом мятликовой травосмеси, в природно-климатических условиях юго-запада Брянской области с плотностью радиоактивного загрязнения  $^{137}\text{Cs}$  территории выше  $555 \text{ кБк/м}^2$  в период исследований, в качестве пастбища для выпаса скота недопустимо. В результате хронического поедания 50 кг зелёного корма в период первого и второго укосов, не соответствующего допустимому уровню по содержанию  $^{137}\text{Cs}$  приводит к получению продукции животноводства, не отвечающему допустимому уровню по содержанию  $^{137}\text{Cs}$  в молоке (100 Бк/л) и мясе (200 Бк/кг). В период хронического поедания первого или второго укосов зелёной массы мятликовой травосмеси, есть вероятность получения молока с содержанием  $^{137}\text{Cs}$  соответственно 570 и 524 Бк/л, что превышает норматив в 5,7 и 5,2 раз. Использование скота в мясных целях при хроническом поедании первого и второго укосов

сов зелёной массы мятликовой травосмеси, есть вероятность получения мяса с содержанием  $^{137}\text{Cs}$  соответственно 2280 и 2096 Бк/кг, что превышает норматив в 11,4 и 10,5 раз. Потребление в пищу, молока и мяса, с данным содержанием радионуклида, ведёт к получению за счёт продуктов животноводства, дозы внутреннего облучения, которая превышает норматив радиационной безопасности (1000 мкЗв/год) в период первого и второго укосов соответственно в 2,4 и 2,2 раза (табл. 4.5).

Таблица 4.5 – Прогноз перехода  $^{137}\text{Cs}$  по трофической цепи в процессе использования центральной поймы в качестве пастбища

Вариант	Удельная активность <sup>137</sup> Cs, Бк/кг (л)			Доза внутреннего облучения, получаемая за счёт молока и мяса, мкЗв/год
	корм	молоко	мясо	
первый укос				
Контроль	1140	570	2280	2419
N45P60K45	252	126	504	535
N45P60K75	136	68	272	289
N60P60K60	189	95	378	401
N60P60K90	85	43	170	180
второй укос				
Контроль	1048	524	2096	2223
N45K45	214	107	428	454
N45K75	138	69	276	293
N60K60	166	83	332	352
N60K90	73	37	146	155

Снизить переход  $^{137}\text{Cs}$  в продукцию животноводства, возможно за счет уменьшения зелёной массы корма скармливаемого скоту, а также повышения норматива содержания  $^{137}\text{Cs}$  в продуктах питания.

Применение минерального удобрения при возделывании мятликовой травосмеси в дозах и соотношениях элементов питания предусмотренных исследованием на поверхностно улучшенной центральной пойме позволяют снизить переход  $^{137}\text{Cs}$  из почвы в зелёный корм. Вследствие чего, происходит снижение его содержания и в молоке и мясе КРС, что в итоге снизит получе-

ния за счет продуктов животноводства дозы внутреннего облучения до нормативного показателя.

В период хронического поедания скотом 50 кг зелёной массы мятликовой травосмеси первого или второго укосов, при возделывании которой применяли соответственно дозы N45P60K45-N60P60K60 и N45K45-N60K60 минерального удобрения, возникает вероятность получения молока с содержанием  $^{137}\text{Cs}$  соответственно от 126 до 95 и от 107 до 83 Бк/л. При использовании скота в мясных целях, возникает вероятность получения мяса с содержанием  $^{137}\text{Cs}$  соответственно от 504 до 378 и от 428 до 332 Бк/кг, что превышает норматив в 1,9 и 1,7 раз. Потребление в пищу, молока и мяса, с данным содержанием радионуклида, ведёт к получению за счёт продуктов животноводства соответственно полученных в период первого и второго укосов, дозы внутреннего облучения от 535 до 401 и от 454 до 352 мкЗв/год.

В период хронического поедания скотом 50 кг зелёной массы мятликовой травосмеси первого или второго укосов, при возделывании которой применяли соответственно дозы N45P60K75-N60P60K90 и N45K75-N60K90 минерального удобрения, возникает вероятность получения молока с содержанием  $^{137}\text{Cs}$  соответственно от 68 до 43 и от 69 до 37 Бк/л. При использовании скота в мясных целях, возникает вероятность получения мяса с содержанием  $^{137}\text{Cs}$  соответственно от 272 до 170 и от 276 до 146 Бк/кг. Потребление в пищу, молока и мяса, с данным содержанием радионуклида, ведёт к получению за счёт продуктов животноводства соответственно полученных в период первого и второго укосов, дозы внутреннего облучения от 289 до 180 и от 293 до 155 мкЗв/год (табл. 4.5).

Таким образом, установили, что применение минерального удобрения в дозе N60P60K90 под первый укос и в дозе N60K90 под второй укос при возделывании мятликовой травосмеси на зелёную массу на центральной пойме, использование которой в качестве пастбища позволяет гарантированно получать продукцию животноводства с допустимым содержанием  $^{137}\text{Cs}$ .

Использование поверхностно улучшенной центральной поймы реки Ипуть с последующим посевом мятликовой травосмеси, в природно-климатических условиях юго-запада Брянской области с плотностью радиоактивного загрязнения  $^{137}\text{Cs}$  территории выше  $555 \text{ кБк/м}^2$  в период исследований, в качестве сенокоса для последующего использования сена скоту недопустимо. В результате постоянного поедания 5 кг сена в период первого и второго укосов, не соответствующего допустимому уровню по содержанию  $^{137}\text{Cs}$  приводит к получению продукции животноводства, не отвечающему допустимому уровню по содержанию  $^{137}\text{Cs}$  в молоке (100 Бк/л) и мясе (200 Бк/кг). В период постоянного поедания сена мятликовой травосмеси первого или второго укосов, есть вероятность получения молока с содержанием  $^{137}\text{Cs}$  соответственно 112 и 110 Бк/л, что превышает допустимый уровень. Использование скота в мясных целях при постоянном поедании сена мятликовой травосмеси первого и второго укосов, есть вероятность получения мяса с содержанием  $^{137}\text{Cs}$  соответственно 448 и 441 Бк/кг, что превышает норматив в 2,2 раза. Потребление в пищу, молока и мяса, с данным содержанием радионуклида, ведёт к получению за счёт продуктов животноводства, дозы внутреннего облучения равной 476 и 468 мкЗв/год, которая не превышает норматив радиационной безопасности (1000 мкЗв/год) в период первого и второго укосов (табл. 4.6).

Снизить переход  $^{137}\text{Cs}$  в продукцию животноводства, возможно за счёт снижения скармливание скоту грубого корма, а также повышения норматива содержания  $^{137}\text{Cs}$  в продуктах питания.

Применение минерального удобрения при возделывании мятликовой травосмеси в дозах и соотношениях элементов питания предусмотренных исследованием на поверхностно улучшенной центральной пойме позволяют снизить переход  $^{137}\text{Cs}$  из почвы в грубые корма. Вследствие чего, происходит снижение его содержания и в молоке и мясе КРС, что в итоге снизит получения за счёт продуктов животноводства дозы внутреннего облучения до нормативного показателя (табл. 4.6).



Таблица 4.6 – Прогноз перехода  $^{137}\text{Cs}$  по трофической цепи в процессе использования центральной поймы в качестве сенокоса

Вариант	Удельная активность <sup>137</sup> Cs, Бк/кг (л)			Доза внутреннего облучения, получаемая за счёт молока и мяса, мкЗв/год
	корм	молоко	мясо	
первый укос				
Контроль	2242	112	448	476
N45P60K45	826	41	165	175
N45P60K75	268	13	54	57
N60P60K60	366	18	73	78
N60P60K90	242	12	48	51
второй укос				
Контроль	2204	110	441	468
N45K45	784	39	157	166
N45K75	253	13	51	54
N60K60	337	17	67	71
N60K90	221	11	44	47

В период постоянного поедания скотом 5 кг сена мятликовой травосмеси первого или второго укосов, при возделывании которой применяли соответственно дозы N45P60K45-N60P60K60 и N45K45-N60K60 минерального удобрения, возникает вероятность получения молока с содержанием  $^{137}\text{Cs}$  соответственно от 41 до 18 и от 39 до 17 Бк/л. При использовании скота в мясных целях, возникает вероятность получения мяса с содержанием  $^{137}\text{Cs}$  соответственно от 165 до 73 и от 157 до 67 Бк/кг. Потребление в пищу, молока и мяса, с данным содержанием радионуклида, ведёт к получению за счёт продуктов животноводства соответственно полученных в период первого и второго укосов, дозы внутреннего облучения от 175 до 78 и от 166 до 71 мкЗв/год (табл. 4.6).

В период постоянного поедания скотом 5 кг сена мятликовой травосмеси первого или второго укосов, при возделывании которой применяли соответственно дозы N45P60K75-N60P60K90 и N45K75-N60K90 минерального удобрения, возникает вероятность получения молока с содержанием  $^{137}\text{Cs}$  соответственно от 13 до 12 и от 13 до 11 Бк/л. При использовании скота в мясных це-

лях, возникает вероятность получения мяса с содержанием  $^{137}\text{Cs}$  соответственно от 54 до 48 и от 51 до 44 Бк/кг. Потребление в пищу, молока и мяса, с данным содержанием радионуклида, ведёт к получению за счёт продуктов животноводства соответственно полученных в период первого и второго укосов, дозы внутреннего облучения от 57 до 51 и от 54 до 47 мкЗв/год (табл. 4.6).

Таким образом, установили, что применение минерального удобрения в исследуемых дозах под первый и второй укосы при возделывании мятликовой травосмеси на сено на центральной пойме, использование которой в качестве сенокоса позволяет гарантированно получать продукцию животноводства с допустимым содержанием  $^{137}\text{Cs}$ .

## ГЛАВА 5 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ МИНЕРАЛЬНОГО УДОБРЕНИЯ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ МЯТЛИКОВОЙ ТРАВΟΣМЕСИ

«Сельскохозяйственные предприятия различных форм собственности, а также специализированные научные учреждения постоянно ведут поиск наиболее эффективного использования минерального удобрения, внедряя современную технику и технологии, устанавливая наилучший ассортимент удобрений, определяя оптимальные сроки и способы внесения в зависимости от возделываемой сельскохозяйственной культуры, материально-хозяйственного обеспечения хозяйства, почвенно-климатических особенностей региона» (Чирков и др., 2015).

«Главным результатом разработки новых систем удобрения является достижение стабильно высокой урожайности сельскохозяйственных культур, с высоким качеством получаемой продукции кормопроизводства. Для обоснования их эффективности, с целью дальнейшего внедрения в сельскохозяйственное производство, необходима их предварительное изучение и экономическая целесообразность» (Чирков и др., 2024).

«Каждый конкретный случай экономической оценки системы удобрения совершается исходя из показателей хозяйственной эффективности. При этом, что экономически эффективно для отдельных предприятий то и для народного хозяйства эффективно. Экономическая эффективность характеризуется ростом производительности труда, что определяет увеличение производства продукции растениеводства, за счет чего происходит рост чистого дохода» (Чирков, Нестеренко, 2013; Чирков, 2021; 2022).

Расчёт экономической эффективности минерального удобрения при возделывании мятликовой травосмеси осуществляли на основе технологиче-

ских карт, при этом эффективность рассчитывали в первый и второй год использования кормовых угодий в качестве сенокосов.

Расчёт сложившихся в опыте производственных затрат осуществляли с учётом средней урожайности сена первого и второго года, полученных в полевом эксперименте. Разница заключалась в исключении в период второго года производственных затрат на обработку почвы и посев.

Экономическую эффективность минерального удобрения в условиях радиоактивного загрязнения кормовых угодий определяли, учитывая дополнительный объем производства грубых кормов и осуществляемых дополнительных вложений, основанных на сопоставлении производственных затрат в денежном выражении и выходе дополнительной продукции.

Расчёт экономической эффективности минерального удобрения при возделывании мятликовой травосмеси выполняли на 100 га, цена реализации сена была 6 руб.

Таблица 5.1 – Экономическая эффективность производства грубых кормов в условиях радиоактивного загрязнения центральной поймы реки Ипуть (среднее за 2019-2021 годы)

Показатель Вариант	Стоимость валовой продукции, тыс. руб.	Производственные затраты, тыс. руб.	Себестоимость 1 т продукции, тыс. руб.	Чистый доход, тыс. руб.	Рентабельность, %
Контроль	1474,0	1977,0	8,05	-503,0	-25
P60K90	2918,0	2666,8	5,48	251,2	9
N90P60K90	5790,0	3043,4	3,15	2746,6	90
N90P60K120	6156,0	3128,3	3,05	3027,7	97
N90P60K150	6656,0	3209,3	2,89	3446,7	107
P60K120	3194,0	2743,8	5,15	450,2	16
N120P60K120	6648,0	3243,2	2,93	3404,8	105
N120P60K150	6848,0	3324,2	2,91	3523,8	106
N120P60K180	7144,0	3415,2	2,87	3728,8	109

При возделывании сеяной мятликовой травосмеси с целью получения грубых кормов на центральной пойме стоимость валовой продукции росла с урожайностью трав, которая зависела от доз применяемого минерального удобрения и росла с 1474,0 до 7144,0 тыс. руб. (табл. 5.1).

У условиях поверхностного улучшения центральной поймы, главным фактором повышения производственных затрат были минеральные удобрения. Поэтому они увеличивались с повышением применения доз минерального удобрения с 1977,0 на контрольном варианте до 3415,2 тыс. руб. при применении минерального удобрения в дозе N120P60K180 за два укоса.

Себестоимость продукции снижалась с 8,05 т/тыс. руб. с увеличением урожайности сеяной мятликовой травосмеси до минимума 2,87 при применении минерального удобрения в дозе N120P60K180 за два укоса.

Чистый доход увеличивался с повышением применения минерального удобрения с максимумом 3728,8 тыс. руб. при использовании N120P60K180 за два укоса.

Проведение поверхностного улучшения кормового угодья и посев мятликовой травосмеси с использованием территории в качестве сенокоса ведет к убыточности производства грубых кормов. Применение минерального удобрения в дозе N120P60K180 за два укоса при возделывании сеяной мятликовой травосмеси ведёт к получению наибольшей рентабельности 109 % производства грубых кормов.

Установили, что применение азотного удобрения в минеральном удобрении ведёт к снижению себестоимости и повышению рентабельности производства.

Таким образом, на основании проведения расчётов экономической эффективности выявили, что применение минерального удобрения в дозе N120P60K180 за два укоса при возделывании мятликовой травосмеси в условиях радиоактивного загрязнения центральной поймы экономически эффективно и хозяйственно оправдано.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе результатов исследования по эффективности минерального удобрения при возделывании сеяной мятликовой травосмеси в условиях поверхностно улучшенной центральной поймы реки Ипуть в период 2019-2021 годов в условиях плотности радиоактивного загрязнения  $^{137}\text{Cs}$  территории более  $555 \text{ кБк/м}^2$  и лабораторно-аналитических исследований полученной продукции кормопроизводства, статистической обработке полученных данных, выявили следующие тенденции и закономерности значения минерального удобрения при ведении кормопроизводства:

1. Агроклиматические условия территории исследования незначительно влияли на изменчивость количественных и качественных показателей при возделывании сеяной мятликовой травосмеси без применения минерального удобрения. Применение минерального удобрения обуславливало среднюю изменчивость урожайности зелёной массы, в дозе Р60К60 под первый укос и дозах К60 и N60К60 под второй укос, и сена в дозе Р60К60 под первый укос и дозах К45, N45К60, N60К60-90 под второй укос, под действием изменяющихся условий окружающей среды. Применение минерального удобрения обуславливало среднюю изменчивость удельной активности  $^{137}\text{Cs}$  зелёной массы, в дозах Р60К45-60 и N60Р60К60-90 под первый укос и дозах К45-60, N45К75 и N60К75-90 под второй укос, и сена в дозах Р60К60 и N45Р60К75 под первый укос и дозах N45К75 и N60К90 под второй укос, под действием изменяющихся условий окружающей среды.

2. Наибольшая продуктивность 54,3 т/га зелёной массы и 11,91 т/га сена сеяной мятликовой травосмеси выявили при применении минерального удобрения в дозе N60Р60К90 за два укоса. Агрономически наиболее эффективные дозы минерального удобрения соответственно под первый и второй

укосы при получении зелёной массы трав – N45P60K45 и N45K45, когда обнаружили наибольшую окупаемость минерального удобрения прибавкой урожая 129,6 и 162,2, и при получении сена трав – N45P60K45 и N60K60, когда окупаемость минерального удобрения прибавкой урожая 28,69 и 32,53 кг на кг. д.в. Определили, что применения минерального удобрения ведёт к увеличению урожайности мятликовой травосмеси, при этом наблюдали тенденцию к увеличению или достоверное увеличение показателя в зависимости от периода уборки урожая и количества внесённого удобрения. Установили сильную зависимость в повышении урожайности первого и второго укосов от азотного удобрения и среднюю от калийного удобрения.

3. Наилучшие экологические условия для получения стабильно высоких урожаев зелёной или воздушно-сухой массы мятликовой травосмеси создаются при применении минерального удобрения в дозе N60P60K60 и N60K60 соответственно под первый и второй укосы. Наилучшая адаптация к условиям окружающей среды обнаружена при максимальном уровне химизации в период первого и второго укосов.

4. Установили существенное значение минерального удобрения в повышении содержания в сене первого и второго укосов сырого протеина соответственно до 15,6 и 14,5, сырой клетчатки до 32,1 и сырой золы до 9,3 и 8,5, при этом достоверную разницу в увеличении от возрастания доз минерального удобрения выявили только в повышении сырого протеина и сырой клетчатки. Установили увеличение классности сена по показателю сырого протеина от применения минерального удобрения, снижение – по показателю сырой клетчатки. Выявили существенное значение минерального удобрения в повышении содержания сырого жира, каротина и нитратов в сене первого и второго укосов при возделывании мятликовой травосмеси.

5. Установили существенное значение минерального удобрения в повышении содержания в сене первого и второго укосов содержания азота соответственно до 2,49 и 2,30, фосфора до 0,38 и 0,40 и калия до 2,83 и 2,46, при этом выявили достоверную разницу в увеличении показателей от возрастания доз

минерального удобрения. Установили, что вынос элементов питания зависел от урожайности сеяной мятликовой травосмеси и элементного состава сухой массы. Определили, что применение исследуемых видов, доз минерального удобрения с целью получения высоких урожаев при максимальном уровне химизации баланс элементов питания невозможно поддерживать на без отрицательном уровне.

6. Ведение кормопроизводства в условиях полевого опыта без применения минерального удобрения, при поверхностном улучшении, не позволяет получать корма с допустимым содержанием  $^{137}\text{Cs}$ , превышение по зелёным кормам 2,8-3,1, по грубым кормам 3,7 раз. Применение минерального удобрения в исследуемых дозах снижает содержание  $^{137}\text{Cs}$  в зелёных кормах до допустимого уровня. В сене наблюдали аналогичное действие минерального удобрения за исключением дозы N90P60K90 за два укоса. Определили, что применения минерального удобрения ведёт к снижению удельной активности  $^{137}\text{Cs}$  кормов. Наблюдали тенденцию к снижению или достоверное снижение показателя в зависимости от периода уборки урожая и количества внесённого удобрения. Установили сильную зависимость в повышении удельной активности  $^{137}\text{Cs}$  кормов от азотного удобрения и сильную в снижении от калийного удобрения, как показывают лабораторно-аналитические исследования, калийные удобрения нивелируют положительное действие азотного удобрения в повышении удельной активности  $^{137}\text{Cs}$  кормов.

7. Применение поверхностного улучшения с посевом мятликовой травосмеси слабо изменяют радиологические показатели территории при ведении кормопроизводства, использования минерального удобрения улучшает радиологические показатели. При увеличением соотношении калия к азоту в минеральном удобрении от 1 к 1 до 1,5 к 1 и выше снижает вынос  $^{137}\text{Cs}$  с урожаем, коэффициент перехода радионуклида из почвы в растение, показатель агроэкологической пригодности и увеличивает кратность снижения. Выявили, что не только соотношение калия к азоту в минеральном удобрении влияет на улучшение радиоэкологических показателей, но и количество



калийного в минеральном удобрении играет важную роль. Применение минерального удобрения в дозе N60P60K90 под первый укос и в дозе N60K90 под второй укос на центральной пойме, используемой в качестве пастбища, позволяет гарантированно получать продукцию животноводства с допустимым содержанием  $^{137}\text{Cs}$ . Применение минерального удобрения в исследуемых дозах позволяют использовать центральную пойму в качестве сенокоса для получения продукции животноводства с допустимым содержанием  $^{137}\text{Cs}$ .

8. Анализ проведённых расчётов экономической эффективности установил, что применение минерального удобрения в дозе N120P60K180 за два укоса при возделывании мятликовой травосмеси в условиях радиоактивного загрязнения центральной поймы экономически эффективно и хозяйственно оправдано, рентабельность производства грубых кормов на уровне 109%.

В заключении, необходимо отметить, что возделывание сеяной мятликовой травосмеси при поверхностном улучшении радиоактивно загрязнённой центральной поймы должно отвечать критериям радиоактивной безопасности и экономической оправданности, выполнение которых позволит вернуть выведенные из сельскохозяйственного оборота кормовые угодья.

## РЕКОМЕНДАЦИИ ПРОИЗВОДСТВУ

Результаты исследований по эффективности минерального удобрения при возделывании сеяной мятликовой травосмеси в условиях поверхностно улучшенной центральной поймы реки Ипуть в период 2019-2021 годов в условиях плотности радиоактивного загрязнения  $^{137}\text{Cs}$  территории более  $555 \text{ кБк/м}^2$  и лабораторно-аналитических исследований полученной продукции кормопроизводства, статистической обработке полученных данных, установили, что использование поверхностного улучшения без применения удобрения не обеспечивает получение высоких объёмов зелёных и грубых кормов с допустимым содержанием  $^{137}\text{Cs}$ .

Для получения высоких и стабильных урожаев сеяной мятликовой травосмеси рекомендуем применять минеральное удобрение в дозе N60P60K90 в период первого укоса и N60K90 в период второго укоса, что обеспечит получение в сумме за два укоса 54,3 т/га зелёных кормов и 11,91 т/га грубых кормов. Данные корма будут отвечать нормативу по допустимому содержанию  $^{137}\text{Cs}$ , а использование их в кормлении сельскохозяйственных животных приведёт к гарантированному получению молока и мяса соответствующих нормативу по содержанию  $^{137}\text{Cs}$ .

### ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ

В дальнейшем для углубления темы исследований необходимо определить значение различных видов минерального удобрения и их доз в миграции  $^{137}\text{Cs}$  по почвенному профилю, а также исследовать содержания различных форм  $^{137}\text{Cs}$  в пахотном горизонте. Необходимо провести исследование по изучению известковых материалов в снижении накопления  $^{137}\text{Cs}$  продукцией кормопроизводства. Исследовать другие формы минерального удобрения на переход  $^{137}\text{Cs}$  из почвы в растения.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авария на Чернобыльской АЭС и проблемы реабилитации сельскохозяйственных территорий / Н. И. Санжарова, А. Н. Ратников, С. В. Фесенко [и др.] // История науки и техники. – 2020. – № 7. – С. 73-89. – DOI 10.25791/intstg.07.2020.1199.
2. Авария на Чернобыльской АЭС: защитные и реабилитационные мероприятия в сельском хозяйстве / С. В. Фесенко, Н. И. Санжарова, Н. Н. Исамов, О. А. Шубина // Радиационная биология. Радиоэкология. – 2021. – Т. 61, № 3. – С. 261-276.
3. Аверин, В. С. Роль защитных мероприятий для снижения доз облучения населения и получения нормативно чистой сельскохозяйственной продукции / В. С. Аверин, А. Г. Подоляк // Белорусское сельское хозяйство. – 2010. – №4(96). – С.18-22.
4. Агроэкологическая пластичность сортов озимых культур отечественной и зарубежной селекции и их отзывчивость на биотические и абиотические условия выращивания / И. Н. Романова, А. Н. Никитин, Н. В. Птицына [и др.] // Вестник аграрной науки. – 2020. – № 6(87). – С. 40-44.
5. Адресная реабилитация сельских населённых пунктов юго-запада Брянской области в отдалённый период после аварии на Чернобыльской АЭС / А. В. Панов, П. В. Прудников, В. В. Кречетников, Р. А. Микаилова // Радиация и риск (Бюллетень Национального радиационно-эпидемиологического регистра). – 2024. – Т. 33, № 3. – С. 55-65.
6. Азотные удобрения и удельная активность  $^{137}\text{Cs}$  фитомассы загрязнённых радионуклидами пойменных сенокосов / С. М. Пакшина, Н. М. Белоус, Е. В. Смольский [и др.] // Проблемы агрохимии и экологии. – 2019. – № 1. – С. 26-32.

7. Алексахин, Р. М. Мероприятия в области земледелия и агрохимии при реабилитации радиоактивно загрязненных территорий / Р. М. Алексахин // Плодородие. – 2016. – № 5(92). – С. 32-34.
8. Алексахин, Р. М. Техногенное загрязнение сельскохозяйственных угодий (исследования, контроль и реабилитация территорий) / Р. М. Алексахин, М. И. Лунев // Плодородие. – 2011. – № 3(60). – С. 32-35.
9. Анисимов, А. А. Научное обеспечение кормопроизводства для высокоэффективного молочного скотоводства на примере опыта ФГБУ "Опытная станция "Пойма" / А. А. Анисимов, П. И. Комахин, В. Н. Золотарев // Кормопроизводство. – 2021. – № 8. – С. 8-16.
10. Анисимов, В. С. Вертикальная миграция  $^{137}\text{Cs}$  чернобыльских выпадений в различных ландшафтах / В. С. Анисимов, В. К. Кузнецов, А. И. Санжаров // Радиационная биология. Радиоэкология. – 2021. – Т. 61, № 3. – С. 286-300.
11. Арышева, С. П. Влияние различных агрохимикатов на продуктивность и транслокацию  $^{137}\text{Cs}$  в растения салата листового / С. П. Арышева, А. Н. Ратников, Д. Г. Свириденко // Агрохимический вестник. – 2020. – № 4. – С. 16-20.
12. Белоус, Н. М. Система удобрения полевого и лугового кормопроизводства в условиях радиоактивного загрязнения территории / Н. М. Белоус, В. Ф. Шаповалов, Е. В. Смольский // Плодородие. – 2016. – № 5(92). – С. 34-38.
13. Белоус, Н. М. Эффективность агротехнических приемов по получению безопасной продукции на пойменных кормовых угодьях / Н. М. Белоус, В. Ф. Шаповалов, Е. В. Смольский // Агро XXI. – 2013. – № 1-3. – С. 41-43.
14. Белоус, Н. М. Эффективность защитных мероприятий при реабилитации кормовых угодий России и Беларуси, загрязненных после катастрофы на Чернобыльской АЭС / Н. М. Белоус, А. Г. Подоляк, А. Ф. Карпенко, Е. В. Смольский // Радиационная биология. Радиоэкология. – 2016. – Т. 56, № 4. – С. 405-413.

15. Белоус, Н.М. Развитие радиоактивно загрязненных территорий Брянской области в отдаленный период после аварии на Чернобыльской АЭС / Н. М. Белоус // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. – 2018. – №1. – С. 3–11.
16. Белоус, Н.М. Система удобрения: учебно-методическое пособие для выполнения курсового проекта / Н.М. Белоус, В.В. Мамеев, Е.В. Смольский. – Брянск: Из-во Брянской ГСХА, 2013 г. – 39 с.
17. Бельченко, С. А. Влияние минеральных удобрений на изменение биохимического состава гетерогенных посевов люцерны изменчивой с мятликовыми травами на серых лесных почвах центрального региона России / С. А. Бельченко, О. В. Дьяченко, А. В. Дронов // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2020. – № 2(50). – С. 22-27.
18. Биовынос  $^{137}\text{Cs}$  из почвы многолетними мятликовыми травами в связи с минеральным питанием и доступностью почвенной влаги / С. М. Пакшина, В. Ф. Шаповалов, С. Ф. Чесалин [и др.] // Сельскохозяйственная биология. – 2019. – Т. 54, № 4. – С. 832-841.
19. Булгакова, В. М. Введение в культуру новых кормовых растений сорго в регион Московской области для увеличения разнообразия рационов кормления животных / В. М. Булгакова, М. А. Куликов // Вестник Российского государственного аграрного заочного университета. – 2022. – № 41(46). – С. 8-12.
20. Васильев, А. А. Адаптивный потенциал вишни в Челябинской области / А. А. Васильев, Ф. М. Гасымов, В. Р. Галимов // Плодоводство и виноградарство Юга России. – 2021. – № 67(1). – С. 44-54.
21. Васин, В. Г. Кормовая продуктивность травосмесей на основе коостреца безостого при применении стимуляторов роста / В. Г. Васин, М. С. Кригер, С. А. Васин // Кормопроизводство. – 2021. – № 9. – С. 9-15.
22. Вклад различных кормовых культур в биологический вынос элементов питания из почвы / С. М. Пакшина, С. Ф. Чесалин, В. Ф. Шаповалов,

Е. В. Смольский // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2020. – № 5. – С. 56-64.

23. Влияние азотных удобрений на урожайность и содержание  $^{137}\text{Cs}$  в многолетних травах пойменных угодий / С. Ф. Чесалин, Е. В. Смольский, Н. Н. Бокатуро, А. Г. Агешин // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. – 2015. – № 4. – С. 3-8.

24. Влияние бобового компонента на урожайность смешанных посевов злаковых кормовых культур / С. М. Пакшина, С. Ф. Чесалин, В. Ф. Шаповалов, Е. В. Смольский // Кормопроизводство. – 2020. – № 9. – С. 12-18.

25. Влияние влажности почвы на корневое поглощение  $^{137}\text{Cs}$  при выращивании ячменя в контролируемых условиях / Л. Н. Анисимова, М. В. Мезина, В. С. Анисимов [и др.] // Агрохимический вестник. – 2024. – № 5. – С. 30-36.

26. Влияние возрастающих концентраций  $\text{K}^+$  и  $\text{NH}$  на сорбцию радиоцезия дерново-подзолистой песчаной почвой и черноземом выщелоченным / С. В. Круглов, Л. Г. Суслина, В. С. Анисимов, Р. М. Алексахин // Почвоведение. – 2005. – № 2. – С. 161-171.

27. Влияние извести на биологическую подвижность  $^{137}\text{Cs}$  в почвах различных типов / Н. В. Андреева, Н. В. Белова, В. К. Кузнецов, Н. И. Санжарова // Агрохимический вестник. – 2018. – № 5. – С. 48-52.

28. Влияние сельскохозяйственных защитных мероприятий на облучение населения, проживающего на территориях, загрязненных в результате аварии на Чернобыльской АЭС / А. В. Панов, С. В. Фесенко, Н. И. Санжарова [и др.] // Радиационная биология. Радиоэкология. – 2006. – Т. 46, № 2. – С. 233-239.

29. Влияние средств химизации и способов обработки почвы на продуктивность и качество зеленой массы многолетних трав в условиях радиоактивного загрязнения / В. Ф. Шаповалов, Л. П. Харкевич, И. Н. Белоус, Ю. А. Анишина // Проблемы агрохимии и экологии. – 2011. – №2. – С. 29-33.

30. Возделывание кормовых культур в смешанных посевах в условиях радиоактивно загрязненных территорий / Е. В. Смольский, В. Ф. Шаповалов, Г. Л. Яговенко, А. Л. Силаев // Пермский аграрный вестник. – 2015. – № 4(12). – С. 27-33.
31. Воробьев, Г. Т. Почвы Брянской области: генезис, свойства, распространение / Г. Т. Воробьев, – Брянск: Грани, 1993. – 158 с.
32. Гончаренко, А. А. Об адаптивности и экологической устойчивости сортов зерновых культур / А. А. Гончаренко // Вестник РАСХН. – 2005. – № 6. – С. 49-53.
33. Динамика коэффициентов перехода  $^{137}\text{Cs}$  в сельскохозяйственную продукцию после аварии на ЧАЭС: зерно, картофель и овощи / С. В. Фесенко, П. В. Прудников, Е. С. Емлютина [и др.] // Радиационная биология. Радиозэкология. – 2023. – Т. 63, № 2. – С. 172-185.
34. Динамика накопления  $^{137}\text{Cs}$ , ботанического состава и продуктивности бобово-злаковых смесей в Тульской области / С. И. Воронов, Е. П. Князева, А. Н. Пикуль, В. К. Кузнецов // Российская сельскохозяйственная наука. – 2023. – № 1. – С. 30-34.
35. Динамика распределения  $^{137}\text{Cs}$  в почвах Тульской области до и после аварии на Чернобыльской АЭС / В. К. Кузнецов, Е. П. Князева, А. И. Санжаров [и др.] // Вестник Московского университета. Серия 17: Почвоведение. – 2022. – № 4. – С. 31-38.
36. Динамика снижения содержания  $^{137}\text{Cs}$  в кормовых культурах в отдаленный период после аварии на Чернобыльской АЭС / С. В. Фесенко, П. В. Прудников, Н. Н. Исамов [и др.] // Радиационная биология. Радиозэкология. – 2022. – Т. 62, № 2. – С. 185-195.
37. Динамика содержания  $^{137}\text{Cs}$  в кормах сельскохозяйственных животных в районах Брянской области, пострадавших после аварии на ЧАЭС / С. В. Фесенко, П. В. Прудников, Н. Н. Исамов [и др.] // Радиационная гигиена. – 2023. – Т. 16, № 1. – С. 104-119.

38. Динамика содержания  $^{137}\text{Cs}$  в сельскохозяйственной продукции Брянской области после аварии на ЧАЭС: зерно, картофель и овощи / С. В. Фесенко, П. В. Прудников, Е. С. Емлютина [и др.] // Радиационная гигиена. – 2022. – Т. 15, № 4. – С. 45-57.
39. Доктрина продовольственной безопасности Российской Федерации: [утверждена Указом Президента Российской Федерации от 21 января 2020 года № 20]. - URL: <https://docs.cntd.ru/document/564161398> (дата обращения: 17.10.2023). - Текст: электронный.
40. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., доп. и перераб. // Б. А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
41. Дышко, В. Н. Эффективность минеральных удобрений на многолетних травах в зависимости от содержания подвижного фосфора в почве / В. Н. Дышко // Бюллетень ВИУА. – 2003. – №117. – С. 33-34.
42. Епифанова, И. В. Оценка продуктивности и адаптивности сортообразцов люцерны в условиях лесостепи Среднего Поволжья / И. В. Епифанова // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2021. – № 2(380). – С. 77-81.
43. Еряшев, А. П. Эффективность ускоренного перезалужения пойменного луга / А. П. Еряшев, П. А. Еряшев, А. С. Железнов // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2024. – № 3(67). – С. 23-28.
44. Жданова, А. А. Адаптивность кормовых культур в условиях Камчатского края / А. А. Жданова, М. Б. Кочнева // Вестник Дальневосточного отделения Российской академии наук. – 2023. – № 1(227). – С. 129-138.
45. Зависимость накопления  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в травяных кормах от степени окультуренности дерново-подзолистых почв. / И. М. Богдевич, А. Г. Подольяк, Т. В. Арастович, В. П. Жданович // Радиационная биология. Радиоэкология. – 2005. – №45(2). – С.241-247.



46. Золотарев, В. Н. Оценка взаимодействия видов многолетних мятликовых трав (POACEAE) с клевером ползучим (TRIFOLIUM REPENS L.) в смешанных агрофитоценозах в контексте биологизации семеноводства / В. Н. Золотарев // Адаптивное кормопроизводство. – 2020. – № 4. – С. 46-66.
47. Золотарев, В. Н. Продуктивность семенных травостоев многолетних видов мятликовых трав на почвах разного уровня плодородия / В. Н. Золотарев // Кормопроизводство. – 2022. – № 7. – С. 15-19.
48. Золотарев, В. Н. Состояние семеноводства и агроэкологическая оценка ареала возделывания райграса однолетнего / В. Н. Золотарев // Адаптивное кормопроизводство. – 2024. – № 4. – С. 36-53.
49. Зыкин, В. А. Методика расчета и оценки параметров экологической пластичности сельскохозяйственных растений // В. А. Зыкин, И. А. Белан, В. С. Юсов, Д. Р. Исламгулов. – Уфа, 2011. – 99 с.
50. Ивина, И. П. Технология возделывания овсяницы тростниковидной на семена и зелёный корм в условиях Волго-Донского междуречья / И. П. Ивина, Т. Н. Дронова // Орошаемое земледелие. – 2022. – № 4(39). – С. 41-44.
51. Исмагилов, К. Р. Стабильность и экологическая пластичность озимых зерновых культур в Республике Башкортостан / К. Р. Исмагилов, Р. Р. Каюмова // Аграрная наука. – 2024. – № 3. – С. 114-118.
52. К проблеме ведения растениеводства на радиоактивно загрязненных территориях / А. Н. Ратников, А. С. Филипас, Т. Л. Жигарева [и др.] // Радиация и риск (Бюллетень Национального радиационно-эпидемиологического регистра). – 1997. – № 9. – С. 61-65.
53. К теории биологического выноса элементов питания из почвы посевами мятликовых трав при внесении минерального удобрения / С. М. Пакшина, Н. М. Белоус, С. Ф. Чесалин, Е. В. Смольский // Пермский аграрный вестник. – 2020. – № 3(31). – С. 52-65.
54. Калиничев, Е. А. Значение многолетних мятликовых трав для кормопроизводства среднего Поволжья / Е. А. Калиничев, М. С. Буянина // Наука и Образование. – 2021. – Т. 4, № 2.

55. Кирейчева, Л. В. Оценка эффективности использования сельскохозяйственных угодий в агропроизводстве / Л. В. Кирейчева, В. А. Шевченко, И. Ф. Юрченко // Аграрная наука. – 2021. – № 9. – С. 135-139.
56. Классификация и диагностика почв СССР. – М.: Колос, 1977. – 223 с.
57. Комахин, П. И. Влияние систем ведения луговодства на продуктивность пойменных сенокосов / П. И. Комахин, А. А. Анисимов, В. Н. Золотарев // Кормопроизводство. – 2024. – № 6. – С. 31-37.
58. Комахин, П. И. Качество растительной массы и жизненное состояние пойменных растений в зависимости от сроков осеннего скашивания сенокосов / П. И. Комахин, А. А. Анисимов, В. Н. Золотарев // Кормопроизводство. – 2023. – № 9. – С. 5-10.
59. Контрольные уровни содержания радионуклидов  $^{134}\text{Cs}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в кормах и кормовых добавках. Инструкция о радиологическом контроле качества кормов // Радиация и риск (Бюллетень Национального радиационно-эпидемиологического регистра). – 1997. – № 9. – С. 26-28.
60. Коренев, В. Б. Урожайность кормовых и зерновых культур, и накопление  $^{137}\text{Cs}$  в зависимости от внесения возрастающих доз калийных удобрений / В. Б. Коренев, Л. А. Воробьева, И. Н. Белоус // Вестник Брянской ГСХА. 2013. № 5. С. 3–6.
61. Косолапов, В. М. Исторические аспекты становления и развития лугового кормопроизводства в России и его перспективы в XXI веке / В. М. Косолапов, А. А. Кутузова // Кормопроизводство. – 2022. – № 2. – С. 3-8.
62. Косолапов, В. М. Современное состояние и вызовы для отрасли кормопроизводства в России / В. М. Косолапов, В. И. Чернявских, С. И. Костенко // Кормопроизводство. – 2022. – № 10. – С. 3-8.
63. Косьянчук, В. П. Программирование урожаев сельскохозяйственных культур: учебное пособие // В. П. Косьянчук, В. Ф. Мальцев, Н. М. Белоус, В. Е. Ториков. – Брянск: Изд-во БГСХА. 2004. – 170 с.

64. Кузнецов, В. К. Оценка эффективности реабилитации лугопастбищных угодий на различных этапах после аварии на Чернобыльской АЭС / В. К. Кузнецов, Н. Н. Исамов, А. В. Панов // Радиация и риск (Бюллетень Национального радиационно-эпидемиологического регистра). – 2021. – Т. 30, № 2. – С. 50-61.
65. Кузьмицкая, Г. А. Оценка урожайности, экологической пластичности и стабильности перспективных сортообразцов томата в условиях зоны рискованного земледелия Хабаровского края / Г. А. Кузьмицкая, Н. В. Кулякина, О. Ю. Агеева // Агронаука. – 2023. – Т. 1, № 4. – С. 42-50.
66. Кулаков, В. А. Флористический состав и продуктивность агрофитоценозов в условиях длительного использования в зависимости от системы удобрений / В. А. Кулаков // Кормопроизводство. – 2005. – №10. – С. 7-9.
67. Куприянова, С. В. Обоснование и перспектива структуры посевных площадей на орошаемых землях юга России / С. В. Куприянова, Е. В. Мелихова // Мелиорация и гидротехника. – 2021. – Т. 11, № 3. – С. 109-122.
68. Леонов, С. Н. Сравнительная оценка экологической пластичности сортов зерновых культур в условиях Орловской области / С. Н. Леонов // Вестник аграрной науки. – 2022. – № 3(96). – С. 172-176.
69. Леонова, Н. В. Оценка применения удобрений и мелиорантов на почвах, загрязненных радиоактивными осадками / Н. В. Леонова, П. В. Прудников // Агрохимический вестник. – 2014. – № 5. – С. 8-11.
70. Лукина, Л. И. Ведение сельского хозяйства на разных типах почв, подвергшихся радиационному загрязнению / Л. И. Лукина, Н. И. Ковалев, Д. А. Савченко // Энергетические установки и технологии. – 2024. – Т. 10, № 2. – С. 104-109.
71. Магомедов, К. Г. Высококачественные агрофитоценозы на кормовых угодьях / К. Г. Магомедов, Р. К. Камилов // Научные известия. – 2020. – № 21. – С. 18-24.

72. Мазалов, В. И. Экологическое испытание зернобобовых культур на Шатиловской СХОС / В. И. Мазалов, М. М. Донской, И. М. Чадаев // Вестник аграрной науки. – 2020. – № 1(82). – С. 3-12.
73. Макаро, В. М. Нетрадиционные кормовые культуры в условиях Западной Беларуси / В. М. Макаро, С. В. Гавриков, Б. И. Бабищ // Наше сельское хозяйство. – 2020. – № 9(233). – С. 50-53.
74. Методика опытов на сенокосах и пастбищах. – М.: ВИК, 1971. – 175 с.
75. Методика оценки экологической пластичности сортов злаковых культур / И. Г. Гребенникова, А. Ф. Чешкова, П. И. Степочкин [и др.] // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2020. – Т. 50, № 2. – С. 100-108.
76. Методические указания по определению естественных радионуклидов в почвах и растениях // Б. 1985. – С. 79-85.
77. Мордовин, А. Н. Методика обоснования проектов формирования ресурсной базы кормопроизводства / А. Н. Мордовин // Вестник аграрной науки. – 2021. – № 4(91). – С. 169-176.
78. Муругова, Г. А. Оценка урожайности и качества зерна сортов ярового ячменя в условиях муссонного климата / Г. А. Муругова, А. Г. Клыков // Зерновое хозяйство России. – 2024. – Т. 16, № 4. – С. 17-23.
79. Научно-обоснованное применение минерального удобрения при производстве кормов в условиях радиоактивного загрязнения / Н. М. Белоус, С. Ф. Чесалин, В. Ф. Шаповалов [и др.]. – Москва: Общество с ограниченной ответственностью "Русайнс", 2024. – 272 с.
80. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009). СанПиН 2.6.1.2523-09. // Российская газета. Спец. выпуск. 2009. № 171/1 (приложение).
81. Обработка почвы и удобрение многолетних трав в условиях радиоактивного загрязнения / Л. П. Харкевич, А. Л. Силаев, Ю. А. Анишина, Д. Н. Прищеп // Агрохимический вестник. – 2012. – № 5. – С. 25-27.

82. Основные направления развития лугового кормопроизводства в России / А. А. Кутузова, Д. М. Тебердиев, К. Н. Привалова [и др.] // Достижения науки и техники АПК. – 2018. – Т. 32, № 2. – С. 17-20.

83. Особенности формирования дозовых нагрузок на население наиболее пострадавших после Чернобыльской аварии районов России / А. В. Панов, Л. Н. Комарова, Е. Р. Ляпунова, А. А. Мельникова // Известия высших учебных заведений. Ядерная энергетика. – 2023. – № 3. – С. 73-84.

84. Оценка гибридов подсолнечника по хозяйственно ценным признакам и экологической пластичности / В. И. Грязева, Ю. В. Корягин, Н. В. Корягина, Н. И. Сигов // Нива Поволжья. – 2020. – № 3(56). – С. 37-43.

85. Оценка кадастровой стоимости земель сельскохозяйственного назначения на территории Гордеевского и Злынковского районов Брянской области / В. В. Кречетников, А. Н. Ратников, О. А. Шубина [и др.] // Вестник Московского университета. Серия 17: Почвоведение. – 2018. – № 4. – С. 32-35.

86. Оценка травостоев экосистемы поймы Средней Десны / Д. Е. Просянкин, П. Н. Балабко, Е. В. Просянкин, Г. В. Чекин // Проблемы агрохимии и экологии. – 2011. – № 2. – С. 23-28.

87. Панов, А. В. Возвращение радиоактивно загрязненных территорий к нормальной жизнедеятельности: современные проблемы и пути решения (к 35-летию аварии на Чернобыльской АЭС) / А. В. Панов // Медико-биологические и социально-психологические проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях. – 2021. – № 1. – С. 5-13.

88. Панферов, Н. В. Эффективность длительного внесения минеральных удобрений на пойменных пастбищах / Н. В. Панферов // Кормопроизводство. – 2008. – №3 – С. 9-12.

89. Питательная ценность травостоя многолетних травосмесей в зависимости от видового состава / Г. Т. Уалиева, У. М. Сагалбеков, Қ. Ж. Тагаев [и др.] // Наука и образование. – 2022. – № 4-2(69). – С. 172-182.

90. Поведение  $^{137}\text{Cs}$  в системе «почва - растение» при применении минеральных удобрений в условиях центральной поймы Р. Ипутъ / Н. М. Бе-

лоус, А. Л. Силаев, И. Н. Белоус, Е. В. Смольский // *Агрохимический вестник*. – 2024. – № 5. – С. 36-42.

91. Подоляк, А. Г. Возврат в сельскохозяйственный оборот земель, выведенных по радиационному фактору после аварии на Чернобыльской АЭС, в Республике Беларусь / А. Г. Подоляк, А. Ф. Карпенко, С. А. Тагай // *Агрохимический вестник*. – 2017. – № 6. – С. 19-22.

92. Подоляк, А. Г. Прогноз величины накопления  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в травостоях основных типов лугов Белорусского Полесья по агрохимическим свойствам почв / А. Г. Подоляк, И. М. Богдевич, И. И. Ивашкова // *Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусь Серыя аграрных навук*. – 2007. – №3. – С.54-62.

93. Полонский, В. И. Адаптивность образцов ячменя и овса по продолжительности вегетационного периода в Восточной Сибири / В. И. Полонский, А. В. Сумина // *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. – 2023. – № 4(102). – С. 55-60.

94. Почвенно-радиоэкологическое районирование радиоактивно загрязнённых сельскохозяйственных земель Беларуси и России / Н. Н. Цыбулько, А. В. Панов, И. Е. Титов, В. В. Кречетников // *Радиация и риск (Бюллетень Национального радиационно-эпидемиологического регистра)*. – 2020. – Т. 29, № 2. – С. 115-127.

95. Практикум по агрохимии / под редакцией профессора В.Г. Минеева. – М.: МГУ, 2001. – 689 с.

96. Приемы поверхностного и коренного улучшения кормовых угодий в условиях радиоактивного загрязнения / С. Н. Поцепай, А. А. Справцев, Л. П. Харкевич [и др.] // *Агрохимический вестник*. – 2019. – № 4. – С. 58-62.

97. Применение минеральных удобрений в условиях радиоактивно загрязненного пойменного луга / Е. В. Смольский, Н. М. Белоус, В. Ф. Шоповалов [и др.] // *Агрохимия*. – 2018. – № 1. – С. 87-96.

98. Проблемы кормопроизводства в Северном Казахстане и пути выхода из кризисного состояния / Ш. К. Оспанова, С. Н. Капов, А. А. Бегалина,

Ж. К. Серикпаева // Вестник науки Казахского агротехнического университета им. С. Сейфуллина. – 2022. – № 3-1(114). – С. 131-143.

99. Прогнозирование вертикальной миграции  $^{137}\text{Cs}$  чернобыльского происхождения в почвах плакорных и аккумулятивных агроландшафтов Плавского радиоактивного пятна / С. И. Спиридонов, В. В. Кречетников, И. Е. Титов, В. К. Кузнецов // Агрохимический вестник. – 2022. – № 5. – С. 77-82.

100. Программа и методика исследований в Географической сети полевых опытов по комплексному применению средств химзащиты в земледелии. – М.: ВИУА, 1990. – 187 с.

101. Продуктивность гетерогенных посевов при возделывании кормовых культур в условиях радиоактивного загрязнения сельхозугодий / Д. М. Ситнов, С. Н. Поцепай, А. А. Справцев [и др.] // Агрохимический вестник. – 2021. – № 4. – С. 83-88.

102. Продуктивность одновидовых и смешанных посевов многолетних трав, возделываемых в условиях радиоактивного загрязнения / В. Ф. Шаповалов, Н. М. Белоус, Г. П. Малявко [и др.] // Кормопроизводство. – 2015. – № 5. – С. 17-21.

103. Просянных, Е. В. Адаптивный подход к использованию пойменных угодий, загрязненных цезием / Е. В. Просянных, А. Л. Силаев // Кормопроизводство. – 1999. – № 2. – С. 11-14.

104. Просянных, Е. В. Радиоэкологические аспекты адаптивного использования естественных пойменных кормовых угодий / Е. В. Просянных, И. А. Кошелев, А. Л. Силаев // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2000. – № 3. – С. 35-38.

105. Просянных, Е. В. Современное состояние природных ресурсов растениеводства Брянской области / Е. В. Просянных, Г. П. Малявко, В. В. Мамеев // Агрохимический вестник. – 2021. – № 6. – С. 45-49.

106. Просянных, Е. В. Экологические особенности поведения  $^{137}\text{Cs}$  в поймах рек / Е. В. Просянных, И. А. Кошелев, А. Л. Силаев // Экология. – 2000. – № 2. – С. 151-154.

107. Прудников, П. В. Агроэкологическая характеристика почв, экономическая эффективность применения средств химизации и новых комплексных удобрений в Брянской области / П. В. Прудников, А. А. Пашковский, Е. Н. Леянова // Достижения науки и техники АПК. – 2022. – Т. 36, № 11. – С. 10-20.

108. Прудников, П. В. Использование местных агроруд для известкования и удобрения почв Брянской области / П. В. Прудников // Плодородие. – 2007. – № 5(38). – С. 25-26.

109. Радиологическая оценка защитных мероприятий, применяемых в агропромышленном комплексе Республики Беларусь в 2000-2005 годах (к 20-й годовщине аварии на Чернобыльской АЭС) / А. Г. Подоляк, И. М. Богдевич, В. Ю. Агеец, С. Ф. Тимофеев // Радиационная биология, радиоэкология. – 2007. – №47(3). – С.356-370.

110. Радиоэкологическая обстановка на почвах сельхозугодий Брянской области и пути получения нормативно чистой продукции / З. Н. Маркина, П. В. Прудников, Л. А. Ковалев, А. А. Новиков // Агрохимический вестник. – 2006. – № 2. – С. 10-11.

111. Радиоэкологическая оценка кормовых сельскохозяйственных угодий юго-западных районов Брянской области на основе комплекса статистических моделей / С. И. Спиридонов, В. В. Иванов, И. Е. Титов, В. Э. Нуштаева // Радиация и риск (Бюллетень Национального радиационно-эпидемиологического регистра). – 2021. – Т. 30, № 2. – С. 38-49.

112. Радиоэкологическая оценка сельскохозяйственных земель и продукции юго-западных районов Брянской области, загрязненных радионуклидами в результате аварии на Чернобыльской АЭС / А. В. Панов, П. В. Прудников, И. Е. Титов [и др.] // Радиационная гигиена. – 2019. – Т. 12, № 1. – С. 25-35.

113. Радиоэкологическая ситуация в сельскохозяйственной сфере на загрязненных территориях России в отдаленный период после аварии на



Чернобыльской АЭС / А. В. Панов, С. В. Фесенко, Р. М. Алексахин [и др.] // Радиационная биология. Радиоэкология. – 2007. – Т. 47, № 4. – С. 423-434.

114. Радиоэкологические аспекты применения минерального удобрения в условиях радиоактивного загрязнения заливных лугов / А. Л. Силаев, Н. М. Белоус, Е. В. Смольский, Г. П. Малявко // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2024. – № 3(399). – С. 264-267.

115. Радиоэкологические аспекты применения минеральных удобрений на радиоактивно загрязненных кормовых угодьях / Н. М. Белоус, А. Г. Подоляк, Е. В. Смольский, А. Ф. Карпенко // Агрохимический вестник. – 2016. – № 2. – С. 10-14.

116. Радиоэкологические аспекты реабилитации сельскохозяйственных угодий после аварий на Чернобыльской АЭС и АЭС "Фукусима-1" / А. Н. Ратников, Р. М. Алексахин, И. В. Кочетков, Д. Г. Свириденко // Вестник российской сельскохозяйственной науки. – 2015. – № 2. – С. 21-24.

117. Радиоэкологическое обоснование контрольных уровней содержания  $^{137}\text{Cs}$  в кормах сельскохозяйственных животных / С. В. Фесенко, Н. Н. Исамов, П. В. Прудников, Е. С. Емлютина // Радиационная биология. Радиоэкология. – 2021. – Т. 61, № 6. – С. 652-663.

118. Разработка комплекса мероприятий по коренному улучшению естественных кормовых угодий, загрязненных радионуклидом цезий-137 / В. Ф. Шаповалов, В. Г. Плющиков, Н. М. Белоус, А. А. Курганов // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. – 2014. – №1. – С. 13-20.

119. Реабилитационные мероприятия на сельскохозяйственных угодьях, подвергшихся радиоактивному загрязнению / А. Н. Ратников, Г. И. Попова, Д. Г. Свириденко [и др.] // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2019. – № 2. – С. 18-34. – DOI 10.34677/0021-342X-2019-2-18-34.

120. Реабилитация сельскохозяйственных земель при масштабном радиоактивном загрязнении (к 35-летию аварии на Чернобыльской АЭС) / А. В.

Панов, А. Н. Ратников, Д. Г. Свириденко [и др.] // Российская сельскохозяйственная наука. – 2021. – № 3. – С. 46-50.

121. Реализация достижений научно-технического прогресса в кормопроизводстве как фактор повышения его эффективности / Е. П. Чирков, М. А. Бабьяк, О. В. Дьяченко, В. В. Дьяченко // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. – 2023. – № 2. – С. 27-32.

122. Роль злаковых низовых трав в формировании пастбищных травостоев на осушаемых землях Верхневолжья / Н. Н. Иванова, А. Д. Капсамун, Е. Н. Павлючик, Д. А. Вагунин // Аграрная наука. – 2024. – № 7. – С. 130-135.

123. Роль минерального калия в снижении поступления  $^{137}\text{Cs}$  в кормовые травы и повышении их урожайности на радиоактивно загрязненных угодьях / Н. М. Белоус, Е. В. Смольский, С. Ф. Чесалин, В. Ф. Шаповалов // Сельскохозяйственная биология. – 2016. – Т. 51, № 4. – С. 543-552.

124. Романенко, А. А. Цеолит - природный мелиорант естественного суходольного луга, загрязнённого цезием-137 / А. А. Романенко, Э. Б. Мирзоев, Н. Н. Исамов // Кормопроизводство. – 2021. – № 7. – С. 12-15.

125. Саблин, В. А. Молочное скотоводство Вологодской области в XXI веке: основные тенденции и результаты / В. А. Саблин, С. В. Тимошина, Н. А. Овчинникова // Экономика сельского хозяйства России. – 2023. – № 6. – С. 60-67.

126. Самовозобновляющиеся бобово-злаковые травостои на осушаемых землях Центрального района Нечерноземной зоны / Н. Н. Иванова, А. Д. Капсамун, Е. Н. Павлючик [и др.] // Аграрный научный журнал. – 2022. – № 7. – С. 13-18.

127. Санжарова, Н. И. Радиационные технологии в сельском хозяйстве: стратегия научно-технологического развития / Н. И. Санжарова, Г. В. Козьмин, В. С. Бондаренко // Инноватика и экспертиза: научные труды. – 2016. – № 1(16). – С. 197-206.

128. Саруханов, В. Я. Повышение экономической эффективности ведения скотоводства на загрязненных  $^{137}\text{Cs}$  сельскохозяйственных угодьях / В.

Я. Саруханов // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. – 2021. – № 9. – С. 22-28.

129. Силаев, А. Л. Современное состояние естественных кормовых угодий юго-запада Брянской области в отдаленный период после аварии на Чернобыльской АЭС / А. Л. Силаев, Г. В. Чекин, Е. В. Смольский // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2020. – № 3. – С. 35-39.

130. Силаев, А. Л. Содержание химических элементов в естественном травостое пойменных лугов / А. Л. Силаев, Г. В. Чекин, Е. В. Смольский // Экологический Вестник Северного Кавказа. – 2024. – Т. 20, № 1. – С. 167-173.

131. Силаев, А. Л. Управление продуктивностью естественных кормовых угодий / А. Л. Силаев, Е. В. Смольский, И. Н. Белоус, В. Ф. Шаповалов // Вестник Брянской ГСХА. – 2024. – № 1(101). – С. 3-8.

132. Смольский, Е. В. Эффективность агротехнических и агрохимических приемов на загрязненных кормовых угодьях / Е. В. Смольский, А. П. Сердюков, Л. М. Батуро // Агрохимический вестник. – 2015. – № 2. – С. 22-24.

133. Современное состояние экосистемы правобережной поймы Средней Десны и перспективы ее рационального использования / Д. Е. Просянников, П. Н. Балабко, Е. В. Просянников, Г. В. Чекин // Агрохимический вестник. – 2012. – № 5. – С. 9-13.

134. Современные подходы к оценке радиационного воздействия на окружающую среду / А. А. Удалова, С. А. Гераськин, Р. М. Алексахин, С. М. Киселев // Медицинская радиология и радиационная безопасность. – 2013. – Т. 58, № 4. – С. 23-33.

135. Сравнительная оценка эффективности различных гуминовых препаратов при возделывании ячменя в условиях радиоактивного загрязнения почв / Д. Г. Свириденко, К. В. Петров, С. П. Арышева [и др.] // Вестник аграрной науки. – 2023. – № 2(101). – С. 57-67.

136. Степанов, А. Ф. Создание высокопродуктивных одновидовых и смешанных травостоев канареечника тростниковидного в лесостепной зоне

Западной Сибири / А. Ф. Степанов // Вестник Омского государственного аграрного университета. – 2021. – № 1(41). – С. 53-61.

137. Степанов, А. Ф. Формирование одновидовых и смешанных агроценозов овсяницы тростниковидной в условиях Западной Сибири / А. Ф. Степанов // Вестник Омского государственного аграрного университета. – 2020. – № 4(40). – С. 52-59.

138. Стратегии защитных мероприятий в сельских населенных пунктах в отдаленный период после аварии на Чернобыльской АЭС / А. В. Панов, А. Ю. Пахомов, С. В. Фесенко, Р. М. Алексахин // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2005. – № 5. – С. 61-63.

139. Сычев, В. Г. Чернобыль: радиационный мониторинг сельскохозяйственных угодий и агрохимические аспекты снижения последствий радиоактивного загрязнения почв (к 30-летию техногенной аварии на Чернобыльской АЭС) // В. Г. Сычев, В. И. Лунёв, П. М. Орлов, Н. М. Белоус. – М.: ВНИИА, 2016. – 184 с.

140. Терентьев, С. Е. Агроэкологическая пластичность и продуктивность интенсивных сортов зерновых культур в почвенно-климатических условиях Нечерноземной зоны Российской Федерации / С. Е. Терентьев // Пищевая промышленность. – 2022. – № 12. – С. 26-29.

141. Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 021/2011 "О безопасности пищевой продукции (с изменениями на 8 августа 2019 года). Утвержден Решением Комиссии Таможенного союза от 9 декабря 2011 года N 800.

142. Технологии ведения животноводства при масштабном радиоактивном загрязнении (к 35-летию аварии на Чернобыльской АЭС) / А. В. Панов, Н. Н. Исамов, О. С. Губарева [и др.] // Вестник российской сельскохозяйственной науки. – 2021. – № 4. – С. 58-63.

143. Тимошкина, О. Ю. Продуктивность смешанных агрофитоценозов клевера ползучего и мятликовых трав в условиях лесостепи Среднего По-

волжья / О. Ю. Тимошкина, О. А. Тимошкин, Е. В. Тимощук // Кормопроизводство. – 2022. – № 3. – С. 3-9.

144. Торилов, В. Е. Богатства и резервы пойменных лугов / В. Е. Торилов, Е. П. Чирков, А. А. Осипов // Вестник Брянской ГСХА. – 2022. – № 4(92). – С. 22-29.

145. Трофимов, И. А. Земледелие, кормопроизводство и разработка природоохранных, адаптивных технологий возделывания сельскохозяйственных культур / И. А. Трофимов, Л. С. Трофимова, Е. П. Яковлева // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2018. – Т. 20, № 2-3(82). – С. 494-503.

146. Трофимов, И. А. Сохранение степей для обеспечения продовольственной и экологической безопасности России / И. А. Трофимов, Л. С. Трофимова, Е. П. Яковлева // Аграрная Россия. – 2024. – № 8. – С. 32-36.

147. Тулинов, А. Г. Определение группы пластичности перспективных гибридов картофеля Республики Коми / А. Г. Тулинов // Пермский аграрный вестник. – 2024. – № 2(46). – С. 95-101.

148. Тютюма, Н. В. Продуктивность бобово-мятликовых травосмесей в зависимости от различных способов посева и доз минеральных удобрений / Н. В. Тютюма, А. В. Кудряшов // Теоретические и прикладные проблемы агропромышленного комплекса. – 2022. – № 1(51). – С. 3-6.

149. Урожайность сортов озимой мягкой пшеницы, элементы её структуры и адаптивные свойства в условиях Нечерноземной зоны / Б. И. Сандухадзе, Р. З. Мамедов, М. С. Крахмалева, В. В. Бугрова // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2021. – № 3(39). – С. 17-22.

150. Факторы, влияющие на накопление  $^{137}\text{Cs}$  в растениях при внесении фосфорных удобрений / В. К. Кузнецов, Н. И. Санжарова, Р. М. Алексин, Н. В. Плещова // Агрохимия. – 2007. – № 4. – С. 62-67.

151. Фокин, А.Д. Сельскохозяйственная радиология / А.Д. Фокин, А.А. Лурье, С.П. Трошин. – СПб.: Лань, 2011. – 416 с.

152. Формирование пластичности овощных культур в ответ на высокотемпературный стресс / А. Р. Бухарова, А. Ф. Бухаров, М. И. Иванова, В. И. Беркута // Вестник Российского государственного аграрного заочного университета. – 2022. – № 42(47). – С. 6-15.

153. Харкевич, Л. П. Влияние агротехнических и агрохимических приемов и их сочетаний на величину урожая сена и накопление в нем  $^{137}\text{Cs}$  при длительном применении изучаемых приемов / Л. П. Харкевич // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. – 2009. – № 4. – С. 34-38.

154. Харкевич, Л.П. Влияние минеральных удобрений и дискования на продуктивность многолетних трав и качество урожая / Л.П. Харкевич, Е.Н. Кро-това // Кормопроизводство. – 2010. – №3. – С 17-19.

155. Чеботарев, Н. Т. Эффективность минеральных удобрений и извести при возделывании многолетних трав на дерново-подзолистой почве Республики Коми / Н. Т. Чеботарев, О. В. Броварова // Кормопроизводство. – 2022. – № 2. – С. 29-33.

156. Чесалин, С. Ф. Агрохимические аспекты реабилитации радиоактивно загрязнённых заливных лугов Брянской области / С. Ф. Чесалин, Е. В. Смольский // Радиация и риск (Бюллетень Национального радиационно-эпидемиологического регистра). – 2022. – Т. 31, № 4. – С. 107-118.

157. Чесалин, С. Ф. Калийные удобрения в продуктивности кормовых культур в условиях радиоактивного загрязнения территории / С. Ф. Чесалин, Е. В. Смольский, Л. П. Харкевич // Аграрная наука. – 2020. – № 11-12. – С. 108-111.

158. Чесалин, С. Ф. Продуктивность сенокосов в зависимости от уровня минерального питания / С. Ф. Чесалин, Е. В. Смольский // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2022. – № 2. – С. 42-49.

159. Чирков, Е. П. Инновационные направления технологического и технического обновления кормопроизводства в России / Е. П. Чирков, М. А. Бабьяк // Техника и технологии в животноводстве. – 2022. – № 3(47). – С. 36-41.
160. Чирков, Е. П. Научные основы экономической оценки и повышения эффективности лугопастбищного кормопроизводства в условиях Брянской области / Е. П. Чирков // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. – 2022. – № 2(90). – С. 39-48.
161. Чирков, Е. П. Особенности ведения скотоводства и кормопроизводства на территориях, загрязненных радионуклидами, после аварии на Чернобыльской АЭС / Е. П. Чирков, Е. В. Смольский, М. А. Бабьяк // Экономика сельского хозяйства России. – 2022. – № 11. – С. 64-69.
162. Чирков, Е. П. Система ведения отрасли кормопроизводства в условиях инновационно-инвестиционного развития / Е. П. Чирков // Техника и технологии в животноводстве. – 2021. – № 2(42). – С. 102-112.
163. Чирков, Е.П. Системный подход в изучении и прогнозировании эффективного развития аграрной экономики / Е.П. Чирков, Л.Н. Нестеренко // Агропродовольственная политика России. – 2013. – №12. – С. 25–31.
164. Чирков, Е.П. Современное состояние и концепция интеграционной политики в аграрном секторе экономики / Е.П. Чирков, Л.Н. Нестеренко, Т.И. Волкова // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. – 2015. – №11. – С. 48–56.
165. Шаповалов, В. Ф. Влияние многолетнего злакового ценоза на агрохимические показатели почвы и баланс элементов питания / В. Ф. Шаповалов, Л. П. Харкевич, И. Н. Белоус // Агрохимический вестник. – 2012. – № 5. – С. 28–29.
166. Щербинина, В. О. Понятия и определение экологической пластичности и стабильности сортов сельскохозяйственных культур / В. О. Щербинина // Мировая наука. – 2020. – № 6(39). – С. 497-499.
167. Эффективность защитных мероприятий при возделывании многолетних мятликовых трав на радиоактивно загрязненных пойменных лугах /

Н. Н. Бокатуро, А. А. Справцев, С. Н. Поцепай, Н. М. Белоус // *Агрохимический вестник*. – 2020. – № 1. – С. 65-70.

168. Эффективность защитных мероприятий при реабилитации кормовых угодий России и Беларуси, загрязненных после катастрофы на Чернобыльской АЭС / Н. М. Белоус, А. Г. Подоляк, А. Ф. Карпенко, Е. В. Смольский // *Радиационная биология. Радиоэкология*. – 2016. – Т. 56, № 4. – С. 405-413.

169. Эффективность комплекса защитных мероприятий при возделывании многолетних трав на радиоактивно загрязненных пойменных лугах / Н. Н. Бокатуро, А. А. Справцев, А. А. Асташина, С. Н. Поцепай, В. Ф. Шаповалов // *Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство*. – 2020. – Т. 15, № 2. – С. 159–172.

170. Alexakhin, R. 25 years after the accident at the Chernobyl nuclear power plant: radioecological lessons / R. Alexakhin, S. Geras'kin // *Radioprotection*. – 2011. – № 46. – P. 595-600.

171. Eberhart, S. A. Stability parameters for comparing varieties / S. A. Eberhart, W. A. Russell // *J. Crop. Sci.* – 1966. – Vol. 6, N 1. – P. 36-40.

172. IUSS Working Group WRB. 2014. World Reference Base for Soil Resources 2014. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. World Soil Resources Reports No. 106. FAO, Rome.



## ПРИЛОЖЕНИЯ

## Приложение А. Результаты дисперсионного анализа урожайности зелёной массы первого укоса, посевов мятликовой травосмеси

за 2019 год исследования

*=====*					
Дисперсия	Сум. Квадр.	Степени Своб.	Ср.Кв.	Фф	
*=====*					
Общая.....	2326,507812	26	89,481	-	
Повторений	13,34179687	2	6,6708	30,495	
Вариантов.	2309,666015	8	288,70	1319,8	
Остаток...	3,5	16	0,2187	-	
*=====*					

НСР = 0,829244554042816

за 2020 год исследования

*=====*					
Дисперсия	Сум. Квадр.	Степени Своб.	Ср.Кв.	Фф	
*=====*					
Общая.....	1634,225585	26	62,854	-	
Повторений	30,73730468	2	15,368	5,1897	
Вариантов.	1556,107055	8	194,51	65,684	
Остаток...	47,38122558	16	2,9613	-	
*=====*					

НСР = 3,05106735229492

за 2021 год исследования

*=====*					
Дисперсия	Сум. Квадр.	Степени Своб.	Ср.Кв.	Фф	
*=====*					
Общая.....	1504,958984	26	57,883	-	
Повторений	21,71636199	2	10,858	44,051	
Вариантов.	1479,298828	8	184,91	750,19	
Остаток...	3,943794250	16	0,2464	-	
*=====*					

НСР = 0,880249440670013

среднее 2019-2021 годы исследования

*=====*					
Дисперсия	Сум. Квадр.	Степени Своб.	Ср.Кв.	Фф	
*=====*					
Общая.....	1788,784179	26	68,799	-	
Повторений	7,093641281	2	3,5468	1,7632	
Вариантов.	1749,505493	8	218,68	108,71	
Остаток...	32,18504333	16	2,0115	-	
*=====*					

НСР = 2,51463913917542

**Приложение Б. Результаты дисперсионного анализа урожайности  
зелёной массы второго укоса, посевов мятликовой травосмеси**

за 2019 год исследования

*=====*					
Дисперсия	Сум. Квадр.	Степени Своб.	Ср.Кв.	Fф	
*=====*					
Общая.....	1768,965332	26	68,037	-	
Повторений	18,58002471	2	9,2900	25,422	
Вариантов.	1744,538574	8	218,06	596,75	
Остаток...	5,846733093	16	0,3654	-	
*=====*					

НСР = 1,07177901268005

за 2020 год исследования

*=====*					
Дисперсия	Сум. Квадр.	Степени Своб.	Ср.Кв.	Fф	
*=====*					
Общая.....	1128,767578	26	43,414	-	
Повторений	20,39029884	2	10,195	20,014	
Вариантов.	1100,226928	8	137,52	269,98	
Остаток...	8,150350570	16	0,5093	-	
*=====*					

НСР = 1,26542603969574

за 2021 год исследования

*=====*					
Дисперсия	Сум. Квадр.	Степени Своб.	Ср.Кв.	Fф	
*=====*					
Общая.....	1153,856445	26	44,379	-	
Повторений	24,00992774	2	12,004	18,510	
Вариантов.	1119,469604	8	139,93	215,76	
Остаток...	10,37691307	16	0,6485	-	
*=====*					

НСР = 1,42785036563873

среднее 2019-2021 годы исследования

*=====*					
Дисперсия	Сум. Квадр.	Степени Своб.	Ср.Кв.	Fф	
*=====*					
Общая.....	1352,726562	26	52,027	-	
Повторений	12,50672721	2	6,2533	4,2252	
Вариантов.	1316,539672	8	164,56	111,19	
Остаток...	23,68016242	16	1,4800	-	
*=====*					

НСР = 2,15695452690125

**Приложение В. – Результаты дисперсионного анализа урожайности  
сена первого укоса, посевов мятликовой травосмеси**

за 2019 год исследования

*=====*					
Дисперсия	Сум. Квадр.	Степени Своб.	Ср.Кв.	Fф	
*=====*					
Общая.....	110,1187744	26	4,2353	-	
Повторений	0,015692817	2	0,0078	12,224	
Вариантов.	110,0928115	8	13,761	21439,	
Остаток...	0,010270012	16	0,0006	-	
*=====*					

НСР = 0,044919416308403

за 2020 год исследования

*=====*					
Дисперсия	Сум. Квадр.	Степени Своб.	Ср.Кв.	Fф	
*=====*					
Общая.....	77,69903564	26	2,9884	-	
Повторений	0,041700575	2	0,0208	11,306	
Вариантов.	77,62783050	8	9,7034	5262,0	
Остаток...	0,029504563	16	0,0018	-	
*=====*					

НСР = 0,0761365592479706

за 2021 год исследования

*=====*					
Дисперсия	Сум. Квадр.	Степени Своб.	Ср.Кв.	Fф	
*=====*					
Общая.....	70,35083007	26	2,7058	-	
Повторений	0,147284612	2	0,0736	21,461	
Вариантов.	70,14864349	8	8,7685	2555,4	
Остаток...	0,054901972	16	0,0034	-	
*=====*					

НСР = 0,103858627378941

среднее 2019-2021 годы исследования

*=====*					
Дисперсия	Сум. Квадр.	Степени Своб.	Ср.Кв.	Fф	
*=====*					
Общая.....	86,24041748	26	3,3169	-	
Повторений	0,283976227	2	0,1419	1,4064	
Вариантов.	84,34118652	8	10,542	104,43	
Остаток...	1,615254759	16	0,1009	-	
*=====*					

НСР = 0,563338100910187

## Приложение Г. Результаты дисперсионного анализа урожайности сена второго укоса, посевов мятликовой травосмеси

за 2019 год исследования

*=====*					
Дисперсия	Сум. Квадр.	Степени Своб.	Ср.Кв.	Fф	
*=====*					
Общая.....	91,92648315	26	3,5356	-	
Повторений	0,292371958	2	0,1461	1,3208	
Вариантов.	89,86324310	8	11,232	101,49	
Остаток...	1,770868062	16	0,1106	-	
*=====*					

НСР = 0,589850187301636

за 2020 год исследования

*=====*					
Дисперсия	Сум. Квадр.	Степени Своб.	Ср.Кв.	Fф	
*=====*					
Общая.....	55,72308349	26	2,1431	-	
Повторений	0,106041803	2	0,0530	8,6448	
Вариантов.	55,51890945	8	6,9398	1131,5	
Остаток...	0,098132237	16	0,0061	-	
*=====*					

НСР = 0,138852745294571

за 2021 год исследования

*=====*					
Дисперсия	Сум. Квадр.	Степени Своб.	Ср.Кв.	Fф	
*=====*					
Общая.....	48,49182128	26	1,8650	-	
Повторений	0,110131159	2	0,0550	30,511	
Вариантов.	48,35281372	8	6,0441	3348,9	
Остаток...	0,028876408	16	0,0018	-	
*=====*					

НСР = 0,0753217190504074

среднее 2019-2021 годы исследования

*=====*					
Дисперсия	Сум. Квадр.	Степени Своб.	Ср.Кв.	Fф	
*=====*					
Общая.....	67,20040893	26	2,5846	-	
Повторений	1,234174966	2	0,6170	5,9052	
Вариантов.	64,29425811	8	8,0367	76,908	
Остаток...	1,671975851	16	0,1044	-	
*=====*					

НСР = 0,573143839836121

# Приложение Д. Результаты дисперсионного анализа качественных показателей сена первого укоса, посевов мятликовой травосмеси среднее 2019-2021 годы исследования

сырой протеин

*=====*					
Дисперсия	Сум. Квадр.	Степени Своб.	Ср.Кв.	Fф	
*=====*					
Общая.....	106,1196289	26	4,0815	-	
Повторений	0,119357638	2	0,0596	4,7554	
Вариантов.	105,7994766	8	13,224	1053,8	
Остаток...	0,200794637	16	0,0125	-	
*=====*					

НСР = 0,198620781302452

каротин

*=====*					
Дисперсия	Сум. Квадр.	Степени Своб.	Ср.Кв.	Fф	
*=====*					
Общая.....	635,0273437	26	24,424	-	
Повторений	9,986110687	2	4,9930	3,8644	
Вариантов.	604,3684692	8	75,546	58,470	
Остаток...	20,67276382	16	1,2920	-	
*=====*					

НСР = 2,01533794403076

нитраты

*=====*					
Дисперсия	Сум. Квадр.	Степени Своб.	Ср.Кв.	Fф	
*=====*					
Общая.....	21170,625	26	814,25	-	
Повторений	1025,958374	2	512,97	16,479	
Вариантов.	19646,625	8	2455,8	78,895	
Остаток...	498,0416259	16	31,127	-	
*=====*					

НСР = 9,89193916320801

сырой жира

*=====*					
Дисперсия	Сум. Квадр.	Степени Своб.	Ср.Кв.	Fф	
*=====*					
Общая.....	1,363037109	26	0,0524	-	
Повторений	0,049658879	2	0,0248	3,3949	
Вариантов.	1,196360230	8	0,1495	20,447	
Остаток...	0,117017999	16	0,0073	-	
*=====*					

НСР = 0,151626452803612

сырой золы

*=====*					
Дисперсия	Сум. Квадр.	Степени Своб.	Ср.Кв.	Fф	
*=====*					
Общая.....	9,070800781	26	0,3488	-	
Повторений	0,002604166	2	0,0013	0,1839	
Вариантов.	8,954915046	8	1,1193	158,10	
Остаток...	0,113281570	16	0,0070	-	
*=====*					

НСР = 0,149186074733734

сырой клетчатки

*=====*					
Дисперсия	Сум. Квадр.	Степени Своб.	Ср.Кв.	Fф	
*=====*					
Общая.....	56,1484375	26	2,1595	-	
Повторений	0,189019098	2	0,0945	1,4020	
Вариантов.	54,88085937	8	6,8601	101,76	
Остаток...	1,078559041	16	0,0674	-	
*=====*					

НСР = 0,460331410169601

## Приложение Е. Результаты дисперсионного анализа качественных показателей сена второго укоса, посевов мятликовой травосмеси среднее 2019-2021 годы исследования

сырой протеин

Дисперсия	Сум. Квадр.	Степени Своб.	Ср.Кв.	Фф	
Общая.....	127,3276367	26	4,8972	-	
Повторений	0,016547309	2	0,0082	0,5539	
Вариантов.	127,0721054	8	15,884	1063,4	
Остаток...	0,238984003	16	0,0149	-	

НСР = 0,216687083244324

каротин

Дисперсия	Сум. Квадр.	Степени Своб.	Ср.Кв.	Фф	
Общая.....	820,3339843	26	31,551	-	
Повторений	12,69162368	2	6,3458	9,6151	
Вариантов.	797,0827026	8	99,635	150,96	
Остаток...	10,55965805	16	0,6599	-	

НСР = 1,44036829471588

нитраты

Дисперсия	Сум. Квадр.	Степени Своб.	Ср.Кв.	Фф	
Общая.....	80264,75	26	3087,1	-	
Повторений	2432,194335	2	1216,0	12,410	
Вариантов.	76264,75	8	9533,0	97,288	
Остаток...	1567,805664	16	97,987	-	

НСР = 17,5507125854492

сырой жир

Дисперсия	Сум. Квадр.	Степени Своб.	Ср.Кв.	Фф	
Общая.....	1,422943115	26	0,0547	-	
Повторений	0,014041476	2	0,0070	0,7357	
Вариантов.	1,256215453	8	0,1570	16,454	
Остаток...	0,152686178	16	0,0095	-	

НСР = 0,173200234770775

сырая зола

Дисперсия	Сум. Квадр.	Степени Своб.	Ср.Кв.	Фф	
Общая.....	3,351318359	26	0,1288	-	
Повторений	0,035658095	2	0,0178	1,1302	
Вариантов.	3,063273191	8	0,3829	24,274	
Остаток...	0,252387076	16	0,0157	-	

НСР = 0,222680494189262

сырая клетчатка

Дисперсия	Сум. Квадр.	Степени Своб.	Ср.Кв.	Фф	
Общая.....	66,54101562	26	2,5592	-	
Повторений	0,034505207	2	0,0172	5,2343	
Вариантов.	66,45377349	8	8,3067	2520,1	
Остаток...	0,052736919	16	0,0032	-	

НСР = 0,101790212094784

Приложение Ё. Результаты дисперсионного анализа элементного состава сена первого укоса, посевов мятликовой травосмеси среднее 2019-2021 годы исследования

азот

*=====*					
Дисперсия	Сум. Квадр.	Степени Своб.	Ср.Кв.	Fф	
*=====*					
Общая.....	2,779876708	26	0,1069	-	
Повторений	0,005018446	2	0,0025	13,438	
Вариантов.	2,771870851	8	0,3464	1855,7	
Остаток...	0,002987411	16	0,0001	-	
*=====*					

НСР = 0,0242268051952124

фосфор

*=====*					
Дисперсия	Сум. Квадр.	Степени Своб.	Ср.Кв.	Fф	
*=====*					
Общая.....	0,064266443	26	0,0024	-	
Повторений	0,000688367	2	0,0003	1,5682	
Вариантов.	0,060066461	8	0,0075	34,210	
Остаток...	0,003511614	16	0,0002	-	
*=====*					

НСР = 0,0262664873152971

калий

*=====*					
Дисперсия	Сум. Квадр.	Степени Своб.	Ср.Кв.	Fф	
*=====*					
Общая.....	3,812393188	26	0,1466	-	
Повторений	0,251422464	2	0,1257	49,073	
Вариантов.	3,519984006	8	0,4399	171,76	
Остаток...	0,040986716	16	0,0025	-	
*=====*					

НСР = 0,0897367224097252



Приложение Ж – Результаты дисперсионного анализа элементного состава сена второго укоса, посевов мятликовой травосмеси среднее 2019-2021 годы исследования

азот

*=====*					
Дисперсия	Сум. Квадр.	Степени Своб.	Ср.Кв.	Fф	
*=====*					
Общая.....	3,372520446	26	0,1297	-	
Повторений	0,002349005	2	0,0011	1,1061	
Вариантов.	3,353182554	8	0,4191	394,75	
Остаток...	0,016988886	16	0,0010	-	
*=====*					
НСР = 0,0577738210558891					

фосфор

*=====*					
Дисперсия	Сум. Квадр.	Степени Своб.	Ср.Кв.	Fф	
*=====*					
Общая.....	0,076984882	26	0,0029	-	
Повторений	0,003940767	2	0,0019	34,060	
Вариантов.	0,072118520	8	0,0090	155,83	
Остаток...	0,000925594	16	5,7849	-	
*=====*					
НСР = 0,0134852463379502					

калий

*=====*					
Дисперсия	Сум. Квадр.	Степени Своб.	Ср.Кв.	Fф	
*=====*					
Общая.....	2,819480895	26	0,1084	-	
Повторений	0,041859097	2	0,0209	7,9074	
Вариантов.	2,735272645	8	0,3419	129,17	
Остаток...	0,042349152	16	0,0026	-	
*=====*					
НСР = 0,0912159904837608					

Приложение 3. Результаты дисперсионного анализа удельной активности  $^{137}\text{Cs}$  зелёной массы, посевов мятликовой травосмеси среднее 2019-2021 годы исследования

первый укос

*=====*					
Дисперсия	Сум. Квадр.	Степени Своб.	Ср.Кв.	Fф	
*=====*					
Общая.....	2679091	26	103041	-	
Повторений	5152,555664	2	2576,2	7,0261	
Вариантов.	2668071,75	8	333508	909,56	
Остаток...	5866,694335	16	366,66	-	
*=====*					
НСР = 33,9504356384277					

второй укос

*=====*					
Дисперсия	Сум. Квадр.	Степени Своб.	Ср.Кв.	Fф	
*=====*					
Общая.....	2289306	26	88050,	-	
Повторений	4802,319335	2	2401,1	11,586	
Вариантов.	2281188	8	285148	1375,9	
Остаток...	3315,680664	16	207,23	-	
*=====*					
НСР = 25,5231914520264					

Приложение И. Результаты дисперсионного анализа удельной активности  $^{137}\text{Cs}$  сена, посевов мятликовой травосмеси среднее 2019-2021 годы исследования

первый укос

*=====*					
Дисперсия	Сум. Квадр.	Степени Своб.	Ср.Кв.	Fф	
*=====*					
Общая.....	10261931	26	394689	-	
Повторений	656,7777709	2	328,38	0,5831	
Вариантов.	10252264	8	128153	2275,6	
Остаток...	9010,222656	16	563,13	-	
*=====*					
НСР = 42,0742492675781					

второй укос

*=====*					
Дисперсия	Сум. Квадр.	Степени Своб.	Ср.Кв.	Fф	
*=====*					
Общая.....	9793245	26	376663	-	
Повторений	1309,888916	2	654,94	0,4874	
Вариантов.	9770437	8	122130	908,95	
Остаток...	21498,11132	16	1343,6	-	
*=====*					
НСР = 64,9903411865234					