

На правах рукописи

СЕРДЮКОВА

КРИСТИНА АЛЕКСАНДРОВНА

**ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ
НА РАДИОАКТИВНО ЗАГРЯЗНЕННЫХ ПОЙМЕННЫХ ЛУГАХ**

06.01.04 – Агрохимия

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук

БРЯНСК – 2018

Работа выполнена на кафедре агрохимии, почвоведения и экологии ФГБОУ ВО «Брянский государственный аграрный университет» в 2012-2015 гг.

**Научный
руководитель**

БЕЛОУС Николай Максимович

доктор сельскохозяйственных наук, профессор
ФГБОУ ВО «Брянский государственный аграрный
университет»

**Официальные
оппоненты**

Дышко Виталий Николаевич

доктор сельскохозяйственных наук, доцент, заведующий кафедрой технологии переработки сельскохозяйственной продукции ФГБОУ ВО «Смоленская государственная сельскохозяйственная академия»

Мерзляя Генриета Егоровна

доктор сельскохозяйственных наук, профессор
зав. лабораторией агрохимического обеспечения
координатного земледелия ФГБУ «Всероссийский
научно-исследовательский институт агрохимии
имени Д.Н. Прянишникова»

**Ведущая
организация**

ФГБУ «Центр химизации и сельскохозяйственной
радиологии «Брянский»

Защита состоится «28» декабря 2018 г. в 10-00 часов на заседании диссертационного совета Д. 220.005.01 при ФГБОУ ВО Брянский ГАУ по адресу: 243365, Брянская область, Выгоничский район, с. Кокино, ул. Советская 2а, корпус 4. E-mail: uchsovet@bgsha.com Тел. факс: +7 (48341) 24-7-21

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО Брянский ГАУ и на сайте организации по адресу <http://www.bgsha.com>.

Автореферат разослан «__» ноября 2018 г. и размещен на сайте Высшей аттестационной комиссии Министерства образования и науки Российской Федерации <http://vak.ed.gov.ru>.

Просим принять участие в работе совета или прислать свой отзыв в двух экземплярах, заверенных печатью.

Ученый секретарь
диссертационного совета

Дьяченко
Владимир Викторович

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. Одним из главных направлений развития сельского хозяйства является производство кормов, которое обеспечивает эффективное и устойчивое развитие как животноводства в частности, так и всего агропромышленного комплекса в целом. В условиях Брянской области использования природных заливных лугов осложняется последствиями катастрофы на Чернобыльской АЭС, когда большая часть территории оказалась загрязненной искусственными радионуклидами. Анализируя радиационную обстановку в отдаленный после аварии период, необходимо отметить, что реализация комплекса реабилитационных мероприятий на радиоактивной территории позволила во многом смягчить последствия Чернобыльской аварии. Однако обстановка спустя 32 года по-прежнему остается неблагополучной. Поэтому возникает необходимость в разработке приемов, которые обеспечивают производство радиоэкологически «чистых» кормов и на их основе – нормативно «чистой» продукции животноводства (мяса, молока).

Степень её разработанности. В настоящее время в России, Республике Беларусь и Украине накоплен определенный положительный опыт по исследованию перемещения ^{137}Cs в почве и его трансформации в пищевых цепях, а также использованию защитных мероприятий, позволяющих уменьшить накопление радиоактивных веществ в продукции растениеводства. Вместе с тем теоретическое обоснование тех или иных приемов реабилитации, практическое их совершенствование и разработка требуют дальнейшего изучения в условиях конкретного региона.

В современной литературе не в полной мере раскрыта роль агроклиматических, почвенных условий и антропогенных факторов в изменении характеристик почвы и распределения искусственных радионуклидов в профиле почв пойменных лугов. Вопрос заключается в том, что нужно изучить воздействие данных компонентов среды и на этой базе разработать комплекс защитных мероприятий для конкретных природно-климатических условий зоны радиоактивного загрязнения, способных обеспечить адаптацию пойменных лугов для ведения лугопастбищного хозяйствования и рекреации данных территорий.

В поставарийный период остается основная проблема оптимизации использования различных систем минерального удобрения на пойменных лугах. Важнейшим из путей решения этой проблемы является научное обоснование влияние тех или иных элементов входящих в минеральные удобрения на миграцию ^{137}Cs по пищевым цепям. Разработка теоретических основ разумного использования радиоактивно загрязненных пойменных лугов является одним из актуальных и перспективных направлений в агрохимических и радиоэкологических исследованиях.

Цели и задачи. Исследование воздействия минеральных удобрений применяемых на радиоактивно загрязненных пойменных лугах для повышения их продуктивности и качества кормов, а также воспроизводства плодородия

дия аллювиальной луговой почвы.

Для выполнения поставленных целей решали следующие задачи:

1. Определить характер радиоактивного загрязнения и обеспеченность агроклиматическими ресурсами территории для использования пойменных лугов в лугопастбищном хозяйстве.

2. Установить оптимальные дозы и соотношение минеральных удобрений в повышении урожайности естественного травостоя пойменных лугов в лугопастбищном хозяйстве и оценить роль элементов питания в повышении продуктивности и качества продукции кормовых угодий.

3. Выявить оптимальные дозы и соотношение минеральных удобрений в снижении удельной активности ^{137}Cs кормов полученных с пойменных лугов и оценить роль элементов питания в изменении содержания ^{137}Cs в продукции кормопроизводства.

4. Дать прогноз изменения удельной активности ^{137}Cs продукции животноводства в зависимости от условий использования радиоактивно загрязненных пойменных лугов.

5. Выявить роль минеральных удобрений в воспроизводстве плодородия почв и перемещении ^{137}Cs по профилю аллювиальной луговой почвы.

6. Установить эффективность применения доз и соотношений минеральных удобрений на пойменных лугах при лугопастбищном хозяйстве.

Научная новизна. Исследования проведенные, в отдаленный период аварии на Чернобыльской АЭС, на радиоактивно загрязненных пойменных лугах реки Ипуть Новозыбковского района Брянской области носили комплексный характер. В результате поставленного эксперимента была дана оценка эффективности применения минеральных удобрений на повышение продуктивности кормовых угодий и снижение перехода ^{137}Cs из почвы в продукцию кормопроизводства в зависимости от условий региона, выявлено значение минеральных удобрений в расширенном воспроизводстве плодородия аллювиальной луговой почвы и перемещению ^{137}Cs по её профилю. Смоделировано ведение лугопастбищного хозяйства в условиях радиоактивного загрязнения. Экологически и экономически обосновано использование минеральных удобрений в обстановке радиоактивного загрязнения пойменных лугов.

Теоретическая и практическая значимость работы. Наши исследования позволили установить критерии и показатели результативности минеральных удобрений при использовании пойменных лугов в лугопастбищном хозяйстве и снижения содержания ^{137}Cs в продукции кормопроизводства. Да-на оценка роли видов, доз и соотношений минеральных удобрений в уменьшении накопления ^{137}Cs кормами, с последующим моделированием миграции радионуклида в животноводческую продукцию. Все это послужит основой для разработки и внедрения рекомендаций по использованию минеральных удобрений на радиоактивно загрязненных пойменных лугах при лугопастбищном хозяйстве.

Методология и методы исследования. В исследованиях примени системный подход, согласно которому оценивали результативность внесения минеральных удобрений на пойменных лугах в зависимости от природно-климатических условий территории.

Опыт был заложен в 1994 году на пойменном лугу реки Ипуть, в Новозыбковском районе Брянской области.

Почва опытного участка аллювиальная луговая, песчаная, мощность гумусового горизонта 17-18 см, с глубины 40 см глеевый горизонт. Плотность загрязнения опытного участка ^{137}Cs составила 559-867 кБк/м².

Агрохимические параметры аллювиальной луговой почвы в начале проведения исследований: содержание гумуса – 3,08-3,33% (по Тюрину); рН_{КCl} – 5,2-5,6; гидролитическая кислотность – 2,4-2,6 мг-экв. на 100 г почвы, сумма поглощенных оснований – 11,8-13,4 мг-экв. на 100 г почвы; подвижного фосфора и обменного калия соответственно 106-244 и 89-120 мг/кг (по Кирсанову).

Исследования были проведены на кафедре агрохимии, почвоведения и экологии Брянского ГАУ в 2009-2015 годах.

При проведении исследований применяли аммиачную селитру, простой гранулированный суперфосфат и калий хлористый в следующих дозах и соотношениях:

	<i>1 укос</i>	<i>2 укос</i>	<i>Всего за 2 укоса</i>
1	Контроль	1	Контроль
2	P60K45	2	K45
3	P60K60	3	K60
4	N45P60K45	4	N45K45
5	N45P60K60	5	N45K60
6	N45P60K75	6	N45K75
7	N60P60K60	7	N60K60
8	N60P60K75	8	N60K75
9	N60P60K90	9	N60K90

В естественном луговом фитоценозе опыта ботанический состав представлен следующими видами трав семейства мятликовых: овсяница луговая (*Festuca pratensis* Huds.), лисохвост луговой (*Alopecurus pratensis* L.), тимофеевка луговая (*Phleum pratense* L.) (Ториков, Белоус, 2017). На долю разнотравья приходилось около 10-15 % от общего состава.

Площадь делянки составляла 63 м², повторность вариантов опыта трехкратная.

Луговой опыт заложен в соответствии с «Программой и методикой исследований в Географической сети опытов по комплексному применению средств химизации в земледелии» (1990) и «Методикой опытов на сенокосах и пастбищах» (1971).

Агроклиматические ресурсы периода вегетации естественного травостоя пойменного луга получены на метеостанции Новозыбковской опытной станции ВНИИ люпина.

Урожайность зеленой массы естественного травостоя определяли путем скашивания естественного травостоя косилкой Е-302 и дальнейшего взвешивания.

вания его на весах. Отбор растительных образцов проводили в середине июня и в конце августа. Урожайность воздушно-сухой массы естественного травостоя устанавливали путем высушивания вегетативной массы с 1 м² до воздушно-сухого состояния, определением в ней содержания сухого вещества с последующим пересчетом на урожай сена.

Во время уборки урожая отбирали растительные пробы конечной продукции для проведения биохимических анализов. Биохимические анализы растительных образцов многолетних трав по общепринятым методикам: общий азот определяли по Къельдалю, при пересчете на протеин использовали коэффициент 6,25; содержание нитратов – ионометрическим методом.

В исследуемых растительных и почвенных образцах удельную активность ¹³⁷Cs определяли на комплексе универсальном спектрометрическом «Гамма Плюс» (Россия), ошибка измерений не превышала 30% (Методические указания по определению..., 1985), агрохимический анализ почвы проводили по методам принятым в агрохимической службе. Величина pH (KCl) определялась ионометрическим методом, содержание P₂O₅ и K₂O по Кирсанову, содержание гумуса – по Тюрину (Практикум по агрохимии, 2001), все измерения проводили в центре коллективного пользования научным оборудованием при Брянской ГАУ.

Расчет баланса гумуса и элементов питания проводили согласно методическим рекомендациям (Агрохимия, 2017).

Полученные данные подвергали дисперсионному и корреляционному анализу с использованием компьютерного программного обеспечения Excel 7.0 и Statistic 7.0.

Удельная активность ¹³⁷Cs молока и мяса была рассчитана как произведение суточного потребления зеленой массы и сена, удельной активности ¹³⁷Cs корма и равновесного коэффициента перехода радионуклида в продукцию животноводства.

Величину дозы внутреннего облучения, получаемую за счет потребления радиоактивно загрязненного молока и мяса, рассчитывали согласно методическим рекомендациям (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-З «О потребительской корзине в Брянской области».

Экономическая эффективность от использования минеральных удобрений рассчитана по методическим указаниям Института почвоведения и агрохимии г. Минск (2010) на основе типовых технологических карт (Ларетин, Чирков, 2011).

Положения, выносимые на защиту:

1. Изменчивость характера радиоактивного загрязнения и обеспеченность агроклиматическими ресурсами территории.

2. Роль минеральных удобрений в повышении продуктивности пойменных лугов при лугопастбищном хозяйствовании.

3. Значение соотношения азотных и калийных минеральных удобрений

на перемещение ^{137}Cs из почвы в растения и далее по пищевой цепи.

4. Изменение почвенного плодородия и перемещение ^{137}Cs по профилю аллювиальной луговой почвы в зависимости от применения различных доз минерального удобрения.

5. Необходимость использования минеральных удобрений при повышении эффективности лугопастбищного хозяйства на пойменных лугах.

Степень достоверности и аprobация результатов. Работа по исследованию применения минеральных удобрений в условиях радиоактивно загрязненных заливных лугов проводили согласно утвержденной на кафедре агрохимии, почвоведения и экологии Брянского ГАУ программы. Согласно которой в период с 2009 по 2015 год была проведена работа с применением современных методов при достаточном количестве наблюдений. Полученные результаты, и сделанные на их основе заключения и рекомендации, показанные в диссертации, опираются на объективных экспериментальные данные, отраженные в рисунках и табличном материале. Трактовка результатов исследования происходила с использованием статистической обработки информации и её анализа.

Основные результаты исследований автора были доложены и получили одобрения на XIV Международной научной конференции «Агроэкологические аспекты устойчивого развития АПК» (г. Брянск, 2017 г.), на IX Международной научно-практической «Технологические аспекты возделывания сельскохозяйственных культур» (г. Горки, 2017 г.), на Международной научно-практической конференции молодых ученых «Молодежь и инновации – 2017» (г. Горки, 2017 г.), XI Международном симпозиуме «Прогноз состояния и научное обеспечение плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения на период до 2030 и 2050 гг.» (г. Москва, 2017 г.).

Основные положения диссертационной работы нашли своё отражение в 8 научных изданиях, сборниках и материалах докладов представленных на российских и международных конференциях, в том числе в 4-х статьях (Научно-практический журнал Пермский аграрный вестник. 2017. №2 (18). С. 56–62; Аграрохимический вестник. 2017. Т.3, №3. С. 15–18; Достижения науки и техники АПК. 2017. №1. С. 16–18; Агрономия. 2018. № 1. С. 87–96.) опубликованных в журналах из перечня изданий, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа изложена на 126 страницах компьютерного текста, состоит из введения, 5 глав, заключения. Содержит 6 таблицы, 41 рисунок и 16 приложения. Список литературы включает 143 наименований, в том числе 6 иностранных источника.

Автор выражает благодарность научному руководителю профессору Белоусу Н.М. за постоянную помошь в работе, ценные советы и замечания, профессорам Харкевич Л.П., Шаповалову В.Ф. за помошь в проведении эксперимента, а также коллективу центра коллективного пользования научным оборудованием при Брянской ГАУ за оперативную помошь в исследованиях и лично Кротову Д.Г.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

1. ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ ЮГО-ЗАПАДА БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ. На формирование высокой урожайности сельскохозяйственных культур и качество получаемой продукции огромное воздействие оказывают зональные почвенно-климатические особенности, а также последствия аварии на Чернобыльской АЭС. В целом радиационная ситуация стабилизируется, происходит снижение уровня радиоактивного загрязнения почв главным образом за счет естественного распада и в меньшей степени за счет вертикальной и горизонтальной миграции. Сравнивая динамику изменения площадей, на которых необходимо проводить реабилитационные мероприятия в юго-западных районах Брянской области, необходимо отметить, что изменение площадей сенокосов и пастбищ уменьшилось по сравнению с пашней меньше. Это говорит о том, что процесс очищения почв от искусственных радионуклидов на пашне идет быстрее в отличие от естественных кормовых угодий. Агроклиматические условия юго-запада Брянской области позволяют реализовать потенциал продуктивности пойменных лугов, в регионе достаточно термических и водных ресурсов необходимых для получения стабильно высоких урожаев естественного травостоя.

2 ПРОДУКТИВНОСТЬ ПОЙМЕННЫХ ЛУГОВ. Особенности территории России такие, что естественные кормовые угодья (суходольные и заливные луга) располагаются на значительных пространствах и играют значительную роль в производстве кормов.

Агроклиматические ресурсы центрального луга поймы реки Ипуть Новозыбковского района, Брянской области и естественное плодородие аллювиальной луговой почвы обеспечивают урожайность соответственно первого и второго укосов 4,4 и 2,2 т/га зеленой массы и 1,11 и 0,52 т/га сена естественного травостоя (табл. 1).

Таблица 1 – Изменение урожайности естественного травостоя пойменного луга в зависимости от применения минеральных удобрений

Вариант	1-й	2-й	Сумма за	1-й	2-й	Сумма за
	укос	укос	2 укоса	укос	укос	2 укоса
<i>Зеленая масса</i>						
Контроль	4,4	2,2	6,6	1,11	0,52	1,63
P60K90	11,2	4,2	15,4	2,64	1,08	3,73
P60K120	12,0	5,5	17,5	3,01	1,34	4,35
N90P60K90	18,0	8,9	26,9	4,48	2,09	6,57
N90P60K120	18,6	9,5	28,1	4,63	2,23	6,86
N90P60K150	19,5	10,1	29,6	5,08	2,42	7,50
N120P60K120	21,8	11,6	33,4	5,37	2,77	8,14
N120P60K150	23,3	12,6	35,9	5,66	3,02	8,68
N120P60K180	24,5	13,3	37,8	5,95	3,15	9,10
<i>HCP₀₅</i>	4,8	2,7	–	2,00	0,73	–

Что является низкими показателями, применение минеральных удобрений существенно повышает урожайность естественного травостоя.

При этом главным источником увеличения урожайности зеленой массы и сена естественного травостоя во время первого и второго укосов являлись азотные удобрения, что подтверждается корреляционным анализом.

Данные о тесноте связи между переменными величинами, урожайностью зеленой массы и сена и возрастающими дозами элементов питания в минеральном удобрении подтверждают значительную роль азота в увеличении продуктивности пойменного луга во время первого и второго укосов.

Качественные показатели получаемой продукции в основном зависели от применяемых минеральных удобрений, наибольшее содержание сырого протеина 15,4% в сене первого укоса получено на варианте с применением минерального удобрения в дозе N60P60K90 (табл.2).

Таблица 2 – Изменение некоторых показателей качества сена пойменного луга в зависимости от применения минеральных удобрений

Вариант	Сырой протеин, %		Нитраты, мг/кг	
	1-й укос	2-й укос	1-й укос	2-й укос
Контроль	9,1	8,6	179	236
P60K90	9,9	9,6	224	250
P60K120	10,8	9,9	228	366
N90P60K90	11,1	10,1	236	279
N90P60K120	11,8	10,7	246	296
N90P60K150	13,0	11,8	258	352
N120P60K120	14,5	10,9	248	378
N120P60K150	15,2	11,4	266	384
N120P60K180	15,4	11,6	318	389
HCP ₀₅	0,9	1,0	45,3	34,5

Нами выявлено, что азотные и калийные удобрения способствовали повышению содержания сырого протеина в сене естественного травостоя. Наибольшее содержание нитратов соответственно 318 и 389 мг/кг в сене первого и второго укосов естественного травостоя установлено на вариантах с наибольшим содержанием азота и калия. Полученное сено первого и второго укосов многолетних трав по содержанию нитратов, при данном уровне применяемых удобрений пригодно к скармливанию без ограничений.

З УДЕЛЬНАЯ АКТИВНОСТЬ ¹³⁷CS ПРОДУКЦИИ ПОЛУЧАЕМОЙ С ПОЙМЕННЫХ ЛУГОВ. Плотность загрязнения территории ¹³⁷Cs, природно-климатические ресурсы центрального луга поймы реки Ипуть Ново-зыбковского района, Брянской области, а также естественное плодородие аллювиальной луговой почвы обеспечивают получение зеленой массы естественного травостоя с удельной активностью 1137 и 1201 Бк/кг соответственно в период первого и второго укосов, сена – 3320 и 3232 Бк/кг (табл. 3).

Внесение поверхностно возрастающих от 45 до 60 доз калийных в составе фосфорно-калийного удобрения уменьшает удельную активность ¹³⁷Cs зеленой массы и сена.

Внесение полного минерального удобрения в дозе N45P60K45 уменьшает удельную активность ^{137}Cs зеленой массы и сена, по сравнению с контролем, но увеличивает в сравнении с фосфорно-калийными удобрениями. Наблюдали тенденцию к уменьшению удельной активности ^{137}Cs зеленой массы и сена при внесении возрастающих от 45 до 75 доз калийных в составе полного и азотно-калийного минерального удобрения.

Таблица 3 – Изменение удельной активности ^{137}Cs продукции пойменного луга в зависимости от применения минеральных удобрений

Вариант	1-й укос	2-й укос	1-й укос	2-й укос
	Зеленая масса		Сено	
Контроль	1137	1201	3320	3232
P60K90	156	129	457	454
P60K120	109	113	348	342
N90P60K90	320	301	1323	1294
N90P60K120	235	264	788	784
N90P60K150	137	143	436	363
N120P60K120	152	181	509	499
N120P60K150	87	100	329	380
N120P60K180	70	78	237	288
HCP_{05}	90	72	108	132

Установили тенденцию к уменьшению удельной активности ^{137}Cs зеленой массы и сена при внесении возрастающих от 60 до 90 доз калийных в составе полного и азотно-калийного минерального удобрения.

Удельная активность ^{137}Cs кормов естественного травостоя при применении N120P60K180 составила для зеленой массы 70 и 78 соответственно первого и второго укосов и для сена – 237 и 288 Бк/кг, что отвечает ветеринарным требованиям.

Установили, что главным источником по снижению удельной активности ^{137}Cs зеленой массы и сена естественного травостоя являлись калийные удобрения, а азотные в свою очередь её повышали, что подтверждается корреляционным анализом.

Данные о тесноте связи между переменными величинами, удельной активности ^{137}Cs зеленой массы и сена и возрастающими дозами элементов питания в минеральном удобрении подтверждают значительную роль калия в снижении перехода ^{137}Cs из почвы в продукцию кормопроизводства пойменного луга во время первого и второго укосов. А также среднюю роль азота в повышении перехода ^{137}Cs из почвы в продукцию кормопроизводства.

Использование пойменного луга, с плотностью загрязнения почвы 555 Бк/м², в качестве сенокоса или пастбища для получения грубых и сочных кормов, с последующим их использование для кормления крупного рогатого скота, способствует получению продукции животноводства не отвечающей нормативу (табл. 4).

Таблица 4 – Прогноз изменения удельной активности ^{137}Cs молока и мяса в зависимости от применения минеральных удобрений и количества потребления зеленой массы трав в пастищный период выращивания КРС

Масса зеленой массы, кг	Удельная активность ^{137}Cs молока, Бк/л		Удельная активность ^{137}Cs мяса, Бк/кг		Доза внутреннего облучения получаемая за счет молока и мяса	
	1 укос	2 укос	1 укос	2 укос	1 укос	2 укос
Контроль						
15	171	180	682	721	724	764
30	341	360	1364	1441	1447	1529
45	512	540	2047	2162	2171	2293
60	682	721	2729	2882	2895	3058
P60K90						
15	23	19	94	77	99	82
30	47	39	187	155	199	164
45	70	58	281	232	298	246
60	94	77	374	310	397	328
P60K120						
15	16	17	65	68	69	72
30	33	34	131	136	139	144
45	49	51	196	203	208	216
60	65	68	262	271	278	288
N90P60K90						
15	48	45	192	181	204	192
30	96	90	384	361	407	383
45	144	135	576	542	611	575
60	192	181	768	722	815	766
N90P60K120						
15	35	40	141	158	150	168
30	71	79	282	317	299	336
45	106	119	423	475	449	504
60	141	158	564	634	598	672
N90P60K150						
15	21	21	82	86	87	91
30	41	43	164	172	174	182
45	62	64	247	257	262	273
60	82	86	329	343	349	364
N120P60K120						
15	23	27	91	109	97	115
30	46	54	182	217	193	230
45	68	81	274	326	290	346
60	91	109	365	434	387	461
N120P60K150						
15	13	15	52	60	55	64
30	26	30	104	120	111	127
45	39	45	157	180	166	191
60	52	60	209	240	221	255
N120P60K180						
15	11	12	42	47	45	50
30	21	23	84	94	89	99
45	32	35	126	140	134	149
60	42	47	168	187	178	199

Применение минеральных удобрений на пойменных лугах способствует снижению миграции ^{137}Cs из почвы в растения, а вследствие и снижения его содержания и в продукции животноводства и, в конечном счете, доведения дозы внутреннего облучения за счет продуктов животноводства до нормативных показателей.

4. ИЗМЕНЕНИЕ СВОЙСТВ ПОЙМЕННЫХ ПОЧВ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ. Потенциальное плодородие аллювиально луговой почвы, в обстановке проводимого опыта без внесения минеральных удобрений, обусловлено обменной кислотностью – 5,42 ед., содержанием органического вещества – 3,24%, подвижного фосфора и обменного калия соответственно – 204 и 92 мг/кг. При внесении удобрений в дозе от Р60К90 до Р60К120 выявили тенденцию к подкислению почвенного раствора почвы, показатель обменной кислотности снизился на 0,25 ед. (табл. 5).

При применении возрастающих от N90P60K90 до N120P60K180 доз удобрений установили тенденцию к повышению обменной кислотности, достоверное повышение обнаружили на варианте с внесением удобрений в дозе от N120P60K120 до N120P60K150.

Таблица 5 – Изменение параметров плодородия аллювиальной почвы в зависимости от применения минеральных удобрений

Вариант	рН _{kcl} , ед.	Органическое вещество, %	P ₂ O ₅	K ₂ O
			МГ/КГ	
Контроль	5,42	3,24	204	92
P60K90	5,39	2,91	504	214
P60K120	5,17	2,83	522	234
N90P60K90	5,35	3,43	478	238
N90P60K120	5,61	3,58	506	275
N90P60K150	5,57	3,62	472	245
N120P60K120	5,00	3,65	454	266
N120P60K150	5,11	3,61	412	245
N120P60K180	5,16	3,17	438	219
HCP ₀₅	0,31	0,39	35	40

При внесении удобрения в дозе от Р60К90 до Р60К120 выявили тенденцию к снижению содержания органического вещества, достоверное снижение на 0,4% обнаружили на варианте с внесением удобрения в дозе Р60К120.

При применении возрастающих от N90P60K90 до N90P60K150 доз удобрений установили тенденцию к увеличению содержания органического вещества в почве. Внесение удобрения в дозе N120P60K120 достоверно повышало содержания органического вещества на 0,5% по сравнению с контролем, дальнейшее увеличение доз калийных удобрений до N120P60K180 вело к тренду снижения содержания органического вещества по сравнению с контролем.

Внесение удобрения в дозе от Р60К90 до Р60К120 достоверно повышало содержания подвижного фосфора от 2,5 до 2,6 раз по сравнению с контролем,

достоверной разницы в изменении содержания подвижного фосфора в зависимости от доз фосфорно-калийного удобрения не обнаружили.

Внесение возрастающих доз удобрения от N90P60K90 до N90P60K150 достоверно повышало содержания подвижного фосфора в почве до 2,5 раз по сравнению с контролем, достоверной разницы в изменении содержания подвижного фосфора в зависимости от доз внесения от N90P60K90 до N90P60K150 не обнаружили. Внесение удобрения в дозе от N120P60K120 до N120P60K180 достоверно повышало содержания подвижного фосфора до 2,2 раз по сравнению с контролем. Достоверной разницы в изменении содержания подвижного фосфора в зависимости от доз внесения от N120P60K120 до N120P60K180 удобрения не обнаружили.

Внесение удобрения в дозе от P60K90 до P60K120 достоверно повышало содержания обменного калия от 2,3 до 2,5 раз по сравнению с контролем, достоверной разницы в изменении содержания обменного калия в зависимости от доз удобрения не обнаружили.

Внесение возрастающих от N90P60K90 до N90P60K150 доз удобрения достоверно повышало 3,0 раз содержания обменного калия в почве в сравнении с контролем. Установили достоверную разницу между дозами N90P60K90 и N90P60K120 в изменении содержания обменного калия. Внесение удобрения в дозе от N120P60K120 до N120P60K180 достоверно повышало содержания обменного калия до 2,9 раз по сравнению с контролем.

Выявили достоверную разницу между дозами N120P60K120 и N120P60K180 в изменении содержания обменного калия.

Расчет баланса гумуса и элементов питания установил, что применение возрастающих доз минеральных удобрений при использовании пойменного луга в качестве сенокоса или пастбища способствует увеличению гумуса и фосфора и снижению калия в зависимости от доз удобрений (табл. 6).

Таблица 6 – Баланс гумуса, подвижного фосфора и обменного калия почвы пойменного луга в зависимости от доз минеральных удобрений (среднее за 2009 – 2015 гг.)

Вариант	Гумус, т/га	P ₂ O ₅ , кг	K ₂ O, кг
Контроль	0,0	-7,8	-35,2
P60K90	-0,7	41,9	8,6
P60K120	-0,9	38,4	23,2
N90P60K90	0,4	27,7	-55,2
N90P60K120	0,3	26,2	-31,8
N90P60K150	0,1	23,3	-15
N120P60K120	0,6	20,3	-58,2
N120P60K150	0,4	17,4	8,7
N120P60K180	0,2	15,4	9,1

Необходимо отметить, что фактическое изменение содержания подвижных форм калия в почве мало согласуется с расчетным балансом этого элемента. Так, при отрицательном балансе калия выявили тенденцию к его уве-

личению в почве. Данный вопрос требует более детального изучения питательного режима почвы луговой экосистемы.

В год отбора почвенных образцов (осень 2015 года), через 29 лет после аварии на Чернобыльской АЭС, основная масса ^{137}Cs , около 98%, находилась до глубины в 30 см (рис. 1).

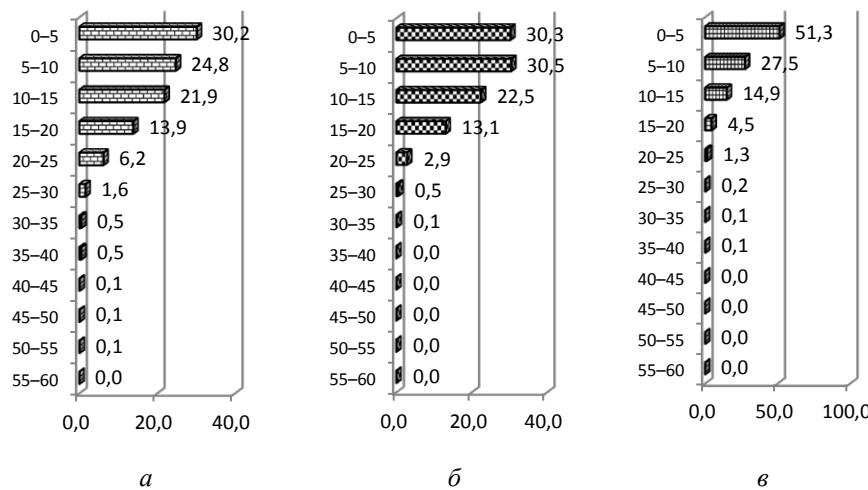


Рисунок 1 – Распределение ^{137}Cs по слоям аллювиальной почвы, % от общего количества в слое 0-60 см: *а* – без применения удобрений; *б* – при применении N90P60K90; *в* – при применении N90P60K150

Около 1/3 массы ^{137}Cs находилось в дернине до 5 см и составляло 30,2 % от общего его количества в аллювиальной песчаной почве. С глубиной содержание радионуклида снижалось, так с глубиной отбора почвенного образца от 5 до 10 см содержание ^{137}Cs снизилось в 1,2, а в слое от 10 до 15 см в 1,4 раза по сравнению с дерниной. В слое от 15 до 20 см почвы снижение произошло в 2,2 раза по сравнению с дерниной. В корнеобитаемом слое (0-20 см) находилось 90,8% от общего содержания ^{137}Cs в почве.

Внесение минеральных удобрений в дозе N90P60K90 перераспределяет массу ^{137}Cs по слоям почвы, так в дернине находится около 30% радионуклида, однако в низлежащем слое его количество сравнивается с дерниной.

В слоях от 10 до 15 и от 15 до 20 см почвы внесение удобрений не меняет содержание по сравнению с аллювиальной почвой без внесения удобрений.

Внесение минеральных удобрений в дозе N90P60K150 приводило к дальнейшему перераспределению массы ^{137}Cs по слоям почвы, так в дернине радионуклида увеличилось до 50%, однако в низлежащем слое от 5 до 10 см, его количество уменьшилось в 1,9 раза по сравнению с дерниной. С глубиной отбора почвенного образца от 10 до 15 см содержание ^{137}Cs снизилось в 3,4 раза, а в слое от 15 до 20 см в 11,4 раза по сравнению с дерниной.

5. ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА ПОЙМЕННЫХ ЛУГАХ. Показателем эффективности применения минеральных удобрений является их окупаемость прибавкой урожая, которая даёт возможность оценить вклад различных доз минеральных удобрений в увеличение урожайности естественного травостоя пойменного луга.

Применение на пойменном лугу возрастающих доз фосфорно-калийных удобрений обуславливает повышение их окупаемости прибавкой урожая сена в период первого укоса до 15,8 кг/кг д. в. Применение возрастающих доз калийных удобрений в период второго укоса не ведет к изменению окупаемости прибавкой урожая сена, которая остается на уровне до 13,3 кг/кг д. в (рис. 2).

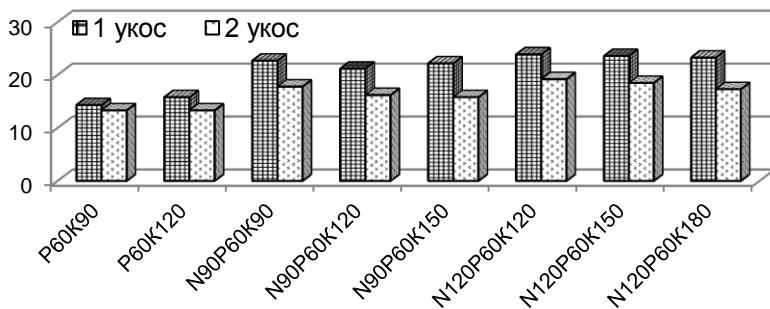


Рисунок 2 – Окупаемость минеральных удобрений прибавкой урожая естественного травостоя

Применение на пойменном лугу в период первого укоса возрастающих доз калийных от K45 до K75 и от K60 до K90 соответственно в составе полного (N45P60K45 и N60P60K60) минерального удобрений обуславливает снижение их окупаемости прибавкой урожая сена от 22,7 до 21,2 и от 23,9 до 23,3 кг/кг д. в. Применение в период второго укоса возрастающих доз калийных от K45 до K75 и от K60 до K90 соответственно в составе азотно-калийных удобрений (N45K45 и N60K60) обуславливает снижение их окупаемости прибавкой урожая сена в период второго укоса от 17,8 до 15,8 и 19,2 до 17,3 кг/кг д. в.

Агрономическая эффективность минеральных удобрений зависит от доз, состава и времени применения. Установили, что наибольшую окупаемость минеральных удобрений прибавкой урожая при двухукосном использовании пойменного луга, соответственно 23,9 и 19,2 дает применение минеральных удобрений в дозе N120P60K120.

Исследованиями, проведёнными в условиях пойменного луга, выявлено, что главным фактором увеличения рентабельности использования пойменного луга является внесение минеральных удобрений.

Применение на пойменном лугу возрастающих доз фосфорно-калийных удобрений от P60K90 до P60K120 обуславливает повышение рентабельности

пойменного луга в качестве сенокоса от -5% до 8% при двухукосном их использовании (рис. 3).

Применение на пойменном лугу возрастающих доз полного минерального удобрения от N90P60K90 до N120P60K120 обуславливает повышение рентабельности пойменного луга в качестве сенокоса от 22% до 30% при двухукосном их использовании.

Увеличение доз полного минерального удобрения от N120P60K120 до N120P60K180 обуславливает повышение рентабельности пойменного луга в качестве сенокоса от 37% до 40% при двухукосном их использовании.

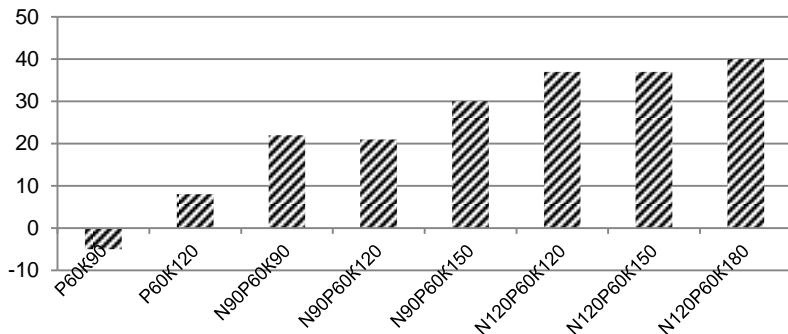


Рисунок 3 – Рентабельность минеральных удобрений на естественных кормовых угодьях

В условиях эксперимента повышения доз минеральных удобрений увеличивало рентабельность производства сена на пойменном лугу, наибольший экономический эффект (рентабельность 40%) выявлен при применении полного минерального удобрения в дозе N120P60K180.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При использовании минеральных удобрений в условиях радиоактивного загрязнения пойменного луга реки Ипуть Новозыбковского района Брянской области были выявлены следующие закономерности изменения продуктивности и качества получаемого корма с заливных лугов, агрохимических характеристик аллювиально луговой почвы, а также распределение ^{137}Cs по почвенному профилю.

1. В целом радиационная ситуация стабилизируется, происходит снижение уровня радиоактивного загрязнения почв главным образом за счет естественного распада и в меньшей степени за счет вертикальной и горизонтальной миграции. Сравнивая динамику изменения площадей, на которых необходимо проводить реабилитационные мероприятия в юго-западных районах Брянской области, необходимо отметить, что изменение площадей сенокосов и пастбищ уменьшилось по сравнению с пашней меньше. Это говорит о том,

что процесс очищения почв от искусственных радионуклидов на пашни идет быстрее в отличие от естественных кормовых угодий. Агроклиматические ресурсы юго-запада Брянской области позволяют реализовать потенциал продуктивности пойменных лугов, в регионе достаточно термических и водных ресурсов необходимых для получения стабильно высоких урожаев естественного травостоя.

2. Внесение минеральных удобрений поверхности на пойменном лугу достоверно увеличивает урожайность естественного травостоя, как первого, так и второго укосов. При этом главная роль в этом отводится азотным удобрениям, коэффициенты корреляции в зависимости от времени уборки урожая колеблются от 0,5 до 0,7.

3. Использования пойменных лугов с плотностью загрязнения ^{137}Cs выше 555 кБк/м² невозможно для получения сочных и грубых кормов отвечающих ветеринарным требованиям по содержанию в них ^{137}Cs , внесение минеральных удобрений позволяет получать корма соответствующие нормативу. При этом азотные удобрения повышают содержание ^{137}Cs в зеленой массе и сене естественного травостоя, вне зависимости от времени уборки урожая. Применение калийных удобрений в дозе 75 кг д. в. и больше с соотношением азотных удобрений к калийным как 1: 1,25 снижают содержание ^{137}Cs в корме до нормативного уровня. Использование пойменного луга в качестве пастбища или сенокоса в условиях плотности загрязнения ^{137}Cs выше 555 кБк/м² невозможно для получения продукции животноводства отвечающего нормам по содержанию в молоке и мясе ^{137}Cs без применения минеральных удобрений, которые снижают перемещение ^{137}Cs по трофической цепи.

4. Анализ корреляционной зависимости между показателями удельной активности ^{137}Cs зеленой массы и сена естественного травостоя с одной стороны и дозами и соотношениями элементов в составе минеральных удобрений указывает о сильной роли калийных удобрений в уменьшении удельной активности ^{137}Cs корма, как первого, так и второго укоса при поверхностном их применении.

5. Качественные показатели получаемой продукции в основном зависели от применяемых минеральных удобрений, наибольшее содержание сырого протеина 15,4% в сене первого укоса получено на варианте с применением минерального удобрения в дозе N60P60K90. Нами выявлено, что азотные и калийные удобрения способствовали повышению содержания сырого протеина в сене естественного травостоя. Наибольшее содержание нитратов соответственно 318 и 389 мг/кг в сене первого и второго укосов естественного травостоя установлено на вариантах с наибольшим содержанием азота и калия. Полученное сено первого и второго укосов многолетних трав, при данном уровне применяемых удобрений пригодно к скармливанию без ограничений.

6. Поверхностное применение минеральных удобрений в дозах N120P60K120 и N120P60K150 на пойменном лугу достоверно повышали обменную кислотность в сравнении с контролем. Минеральные удобрения в до-

зах Р60К120 и Н120Р60К120 достоверно увеличивали содержания органического вещества в аллювиальной почве. При использовании минеральных удобрений выявили достоверное увеличение соответственно подвижного фосфора и обменного калия.

7. Расчет баланса гумуса и элементов питания установил, что применение возрастающих доз минеральных удобрений при использовании пойменного луга способствует увеличению гумуса и фосфора и снижению калия в зависимости от доз удобрений.

8. Внесение минеральных удобрений на пойменном лугу изменяет перераспределение ^{137}Cs по почвенному профилю аллювиальной почвы, так установлено увеличение содержания радионуклида в слое 0-10 см с повышением доз калийных удобрений.

9. Агрономическая эффективность минеральных удобрений зависит от доз, состава и соотношения элементов в них. Наибольшие прибавки урожая 4,9 и 2,9 т/га соответственно сена первого и второго укосов естественного травостоя выявили при использовании соответственно минеральных удобрений в дозах Н60Р60К90 и Н60К90. Однако наибольшая окупаемость минеральных удобрений соответственно прибавкой урожая первого и второго укосов 23,9 и 19,2 обнаружена при использовании соответственно Н60Р60К60 и Н60К60.

10. Экономическая эффективность применения минеральных удобрений зависит от доз, состава и соотношения элементов в них. Наибольшая рентабельность 40 % при использовании пойменного луга в качестве сенокоса достигается при применении полного минерального удобрения в дозе Н120Р60К180.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПРОИЗВОДСТВУ

Для использования радиоактивно загрязненных пойменных лугов с плотностью загрязнения ^{137}Cs свыше 555 кБк/м² в качестве сенокосов и пастбищ необходимо применять за два укоса минеральные удобрения в дозах Н120Р60К150 – Н120Р60К180, которые повышают урожайность сена до 9 т/га и зеленой массы трав до 37 т/га, при этом корма соответствуют ветеринарным требованиям по содержанию ^{137}Cs .

ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ

Для дальнейшего углубления темы исследований нужно определить роль не только минеральных удобрений, но и обработки почв на перераспределение ^{137}Cs по почвенному профилю, а также определить количественные изменения содержания различных форм ^{137}Cs в верхнем горизонте почв. Также необходимо провести исследование по изучению перераспределения ^{90}Sr из почвы далее по трофической цепи с зависимостью от применения доз минеральных удобрений. Исследовать другие виды и формы минеральных удобрений на передвижение ^{137}Cs и ^{90}Sr из почвы в растения.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

В изданиях, рекомендованных ВАК РФ:

1. Сердюкова К.А. Роль минеральных удобрений при использовании радиоактивно загрязненных природных угодий в качестве пастбищ / К.А. Сердюкова, Е.В. Смольский, А.Л. Силаев, М.М. Нечаев // Научно-практический журнал Пермский аграрный вестник. – 2017. – №2 (18). – С. 56–62.
 2. Смольский Е.В. Миграция ^{137}Cs по почвенному профилю аллювиальной почвы в зависимости от агротехнических приемов / Е.В. Смольский, И.А. Божин, К.А. Сердюкова, А.П. Сердюков // Достижения науки и техники АПК. – 2017. – №1. – С. 16–18.
 3. Харкевич Л.П. Влияние удобрений и агротехнологических мероприятий при производстве сена многолетних трав на пойменном лугу в условиях радиоактивного загрязнения / Л.П. Харкевич, В.Ф. Шаповалов, Е.В. Смольский, Н.К. Жолудева, К.А. Сердюкова // Агрохимический вестник. – 2017. – Т.3, №3. – С. 15–18.
 4. Смольский Е.В. Применение минеральных удобрений в условиях радиоактивно загрязненного пойменного луга / Е.В. Смольский, Н.М. Белоус, В.Ф. Шаповалов, Л.П. Харкевич, С.Ф. Чесалин, К.А. Сердюкова // Агрохимия. – 2018. – № 1. – С. 87–96.
- В других изданиях:*
5. Белоус Н.М. Система удобрения на пойменных лугах в условиях радиоактивного загрязнения / Н.М. Белоус, В.Ф. Шаповалов, Е.В. Смольский, И.Н. Белоус, К.А. Сердюкова // Прогноз состояния и научное обеспечение плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения на период до 2030 и 2050 гг. Материалы XI Международного симпозиума НП «Содружество ученых агрохимиков и агроэкологов». Под редакцией академика РАН В.Г. Сычева. М.: ВНИИА, 2017. – С. 98–108.
 6. Смольский Е.В. Возделывание многолетних трав в условиях радиоактивного загрязнения пойменных угодий / Е.В. Смольский, К.А. Сердюкова, Н.К. Жолудева // Технологические аспекты возделывания сельскохозяйственных культур: сборник статей по материалам IX Междунар. науч.-практ. конф. – Горки: БГСХА, 2017. – С 194–198.
 7. Смольский Е.В. Система удобрения при ведении лугового кормопроизводства на радиоактивно загрязненных территориях // Е.В. Смольский, Н.К. Жолудева, К.А. Сердюкова // Молодежь и инновации – 2017: материалы международной научно-практической конференции молодых ученых. в 2-х частях. Ч.1. – Горки, 2017. – С. 258–260.
 8. Смольский Е.В. Эффективность систем удобрения на природных кормовых угодьях, используемых в качестве пастбищ / Е.В. Смольский, К.А. Сердюкова // В сборнике: Агроэкологический вестник материалы международной научно-практической конференции, посвященной году экологии в России, 2017. – С. 176–181.