

На правах рукописи

СМОЛЬСКИЙ
ЕВГЕНИЙ ВЛАДИМИРОВИЧ

АГРОХИМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ КОРМОПРОИЗВОДСТВА
В УСЛОВИЯХ РАДИОАКТИВНО ЗАГРЯЗНЕННЫХ
ЗАЛИВНЫХ ЛУГОВ В ОТДАЛЕННЫЙ ПЕРИОД
ПОСЛЕ АВАРИИ НА ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АЭС

06.01.04 – агрохимия

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
доктора сельскохозяйственных наук

БРЯНСК – 2020

Работа выполнена на кафедре агрохимии, почвоведения и экологии
ФГБОУ ВО Брянский ГАУ в 2003-2017 гг.

Научный
консультант

БЕЛОУС Николай Максимович
доктор сельскохозяйственных наук, профессор
ФГБОУ ВО Брянский ГАУ

Официальные
оппоненты

ПАНОВ Алексей Валерьевич
доктор биологических наук, профессор РАН,
заместитель директора по научно-организационной
и инновационной деятельности ФГБНУ
«Всероссийский научно-исследовательский
институт радиологии и агроэкологии»

МЕРЗЛАЯ Генриетта Егоровна
доктор сельскохозяйственных наук, профессор
зав. лабораторией агрохимического обеспечения
координатного земледелия ВНИИ агрохимии
имени Д.Н. Прянишникова

КРАСНИЦКИЙ Владимир Михайлович
доктор сельскохозяйственных наук, профессор,
Заслуженный агроном России, директор ФГБУ
«Центр агрохимической службы «Омский»

Ведущая
организация

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Российский университет дружбы народов»

Защита состоится «26» марта 2020 г. в 10-00 часов на заседании диссер-
тационного 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 «26» февраля 2020 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. Проблема эффективности производства и использования кормов является основой развития кормопроизводства как естественной фундаментальной базы животноводства. При этом кормопроизводство связывает воедино не только растениеводство и животноводство, но и объединяет агрохимию, земледелие, экологию, рациональное природопользование, охрану окружающей среды, расширенное воспроизводство плодородия почв, социально-психологические основы работников. Особую актуальность эти факторы приобретают на почвах с низким естественным плодородием в условиях техногенного загрязнения агросреды (Ларетин, 2010).

Сенокосы и пастбища заливных лугов являются источником дешевых высококачественных кормов, а также играют многофункциональную роль в формировании устойчивого агроландшафта. Решение проблемы эффективного развития лугопастбищного хозяйства в Российской Федерации должно стать стратегическим направлением в ускоренном развитии животноводства. Об этом говорил Президент РФ 28 июля 2016 года в Тверской области на совещании по развитию сельского хозяйства Центрального Нечерноземья. Он обратил особое внимание на развитие молочного и мясного скотоводства, которые должны стать якорными. В Центральном Нечерноземье есть все возможности: обширные земельные ресурсы, кормовая база. Им подчеркнуто было также значение производства кормов для скота на сенокосах и пастбищах (Совещание по развитию..., 2016).

Авария на Чернобыльской АЭС в 1986 году привела к радиоактивному загрязнению обширных территорий 21 областей Российской Федерации, из которых наибольшему техногенному загрязнению, как по площади, так и по количеству выпавших радионуклидов подверглась Брянская область. В число наиболее пострадавших попали семь юго-западных районов: Гордеевский, Злынковский, Климовский, Клинцовский, Красногорский, Новозыбковский, Стародубский (Алексахин и др., 1999; Атлас современных..., 2009).

Несмотря на то, что с момента аварии прошло уже более 30 лет, радиологическая обстановка на территории юго-запада Брянской области остается неблагоприятной для нормального проживания и жизнедеятельности людей, до сих пор есть вероятность производство кормов и продукции животноводства не соответствующих допустимым уровням содержания ¹³⁷Cs в них (Панов и др., 2015; Белоус и др., 2016). Это обусловлено в значительной степени природными условиями загрязненных территорий, в первую очередь, наличием в почвенном покрове почв с низким естественным плодородием с легким гранулометрическим составом, для которых характерны высокие темпы миграции радионуклидов (Просьянников и др., 2000).

Радиоактивному загрязнению в Брянской области подверглись 414,1 тыс. га сенокосов и пастбищ, из них 133,0 тыс. га на юго-западе (Харкевич и др., 2011). Аллювиальные дерновые оглеенные почвы преобладают в поймах рек Брянской области, занимая 55,1 % их территории, на них располагаются около 20% лугов области (Воробьев, 1994).

Поэтому в отдаленный период после аварии на Чернобыльской АЭС необходимо проведение защитных мероприятий, которые уменьшат переход радионуклидов из почвы в растения и далее по трофической цепи (Панов и др., 2001; Фесенко и др., 2004). В результате чего будут введены в сельскохо-

зайственный оборот мелиоративно улучшенных радиоактивно загрязненных пойменные луга для получения кормов, с допустимым содержанием ^{137}Cs .

Степень её разработанности. В Российской Федерации и других пострадавших странах ближнего зарубежья имеется определенный положительный опыт использования радиоактивно загрязненных кормовых угодий и применения защитных мероприятий с целью снижения перехода радионуклидов в корма (Пристер и др., 1996; Подоляк и др., 2004; Санжарова и др., 2016). При этом многие теоретические и практические вопросы требуют дальнейшего совершенствования и разработки.

Кроме того, в настоящее время остаются недостаточно изучены вопросы действия агротехнических и агрохимических приемов на миграцию ^{137}Cs по почвенному профилю аллювиальных почв, а в дальнейшем и их переход в растения в конкретном регионе.

Мало изучена роль отдельных элементов и их сочетаний на повышение урожайности многолетних трав и снижение удельной активности ^{137}Cs кормов в условиях пойменных лугов юго-запада Брянской области.

В современной литературе практически не освещены вопросы динамики изменения агрохимических свойств аллювиальной почвы и характер распределения радионуклидов в почвенном профиле лугов в зависимости от длительного применения минерального удобрения.

Проблема состоит в необходимости изучения комплекса агрохимических и агротехнических мероприятий в динамике изменения плотности загрязнения территории радионуклидами в конкретных почвенно-климатических условиях, обеспечивающих максимальную продуктивность заливных лугов, воспроизводство плодородия аллювиальной почвы и получения кормов с содержанием ^{137}Cs ниже норматива.

Цель исследований. Научное обоснование эффективного применения систем удобрения на радиоактивно загрязненных естественных и улучшенных пойменных лугах в отдаленный период после аварии на Чернобыльской АЭС, выявление закономерностей их возможного использования в лугопастбищном кормопроизводстве.

Задачи исследований:

1. Оценить эффективность минеральных удобрений в повышении урожайности естественного и сеяного травостоя центрального луга реки Ипуть Нечерноземной зоны России.

2. Определить роль элементов питания в увеличении урожайности многолетних трав естественного и улучшенного луга.

3. Выявить значение минерального удобрения в изменении качественных показателей корма естественного травостоя пойменного луга.

4. Определить вероятность получения молока и кормов, не соответствующих допустимым уровням содержания ^{137}Cs на территории юго-запада Брянской области в отдаленный период после аварии на Чернобыльской АЭС.

5. Оценить эффективность минеральных удобрений в снижении удельной активности ^{137}Cs зеленых и грубых кормов естественного и сеяного травостоя центрального луга реки Ипуть Нечерноземной зоны России.

6. Определить роль элементов питания в снижении удельной активности ^{137}Cs зеленых и грубых кормов естественного и улучшенного луга.

7. Выявить значение минеральных удобрений в ограничении перехода ^{137}Cs по трофической цепи и оценить агроэкологическую пригодность пойменных лугов.

8. Установить роль минерального удобрения в воспроизводстве плодородия аллювиальной почвы.

9. Раскрыть значение минерального удобрения в перераспределении ^{137}Cs по профилю аллювиальной почвы.

10. Экономически обосновать применение систем удобрения.

Научная новизна. Впервые проведена комплексная оценка эффективности применения систем удобрения в зависимости от агрометеорологических и радиологических условия при использовании естественного и улучшенного пойменного луга в отдаленный период после аварии на Чернобыльской АЭС.

Изучена роль азотных и калийных удобрений в повышении урожайности и снижении удельной активности ^{137}Cs продукции заливных лугов.

Представлена модель использования радиоактивно загрязненного пойменных лугов в качестве сенокосов и пастбищ для получения продукции животноводства отвечающих действующим нормативам по содержанию ^{137}Cs .

Представлены параметры вертикальной миграции ^{137}Cs под влиянием агротехнических и агрохимических мероприятий по улучшению лугов в отдаленный период после аварии на ЧАЭС.

Установлено оптимальное соотношение азота к калию в минеральном удобрении на естественных и улучшенных лугах, обеспечивающие получение кормов, соответствующих нормативу по содержанию ^{137}Cs .

Теоретическая и практическая значимость. Определены закономерности изменения урожайности и удельной активности ^{137}Cs зеленых и грубых кормов радиоактивно загрязнённых пойменных лугов в зависимости от доз и соотношений минерального удобрения в системе удобрения. Результаты исследований послужили теоретической основой для разработки систем удобрения по применению минеральных удобрений при использовании естественных и улучшенных пойменных лугов, позволяющих получать нормативно «чистые» корма при снижении затрат калийных удобрений по сравнению с рекомендованными ранее.

Разработаны модели прогноза при использовании пойменных лугов с плотностью загрязнения более 555 кБк/м^2 в качестве сенокосов и пастбищ в зависимости от применения систем удобрения.

Методология и методы исследования. Методологической основой исследований являются концепция экологического мониторинга, сравнительно-генетический метод, научные положения сельскохозяйственной радиологии.

В 1994 году заложен опыт в центральной пойме реки Ипуть Новозыбковского района Брянской области. Местоположение объекта исследования находилось в подзоне дерново-подзолистых почв южной тайга, белорусской провинции дерново-подзолистых слабогумусированных почв и низинных болот. Исключительность выбранного участка для проведения исследований связана с уровнем загрязнения, который на момент начала исследований по радиологическим параметрам относился к зоне отселения, при этом защитных мероприятий связанных с последствиями аварией на Чернобыльской АЭС не проводилось.

Почва опытного участка – аллювиальная дерновая оглеенная, маломощная, среднегумусная, песчаная на супесчаном аллювии и имеет следующие

строение профиля: $A_d(0-5)$, $A_1(5-18)$; $B_1(18-40)$; $B_g(40-60)$; $C_g(60-90)$. Средние показатели агрохимических свойств в 1994 году были следующие: $pH_{KCl} - 4,8$, содержание гумуса – 3,2% (по Тюрину), подвижного фосфора – 140 мг/кг, обменного калия – 60 мг/кг (по Кирсанову).

Реабилитационные мероприятия при постановке опыта в 1994 году включали агротехнические приемы, которые предусматривали поверхностное улучшение посредством дискования дисковыми боронами БДФ-2,4 и коренное улучшение посредством вспашки двухъярусным плугом (ПЯ-40) с последующим посевом мятликовой травосмеси типичной для региона: *Bromopsis inermis* L., *Festuca pratensis* Huds., *Phleumpratense* L., *Phalaris arundinacea* L., *Alopecurus pratensis* L. В 2008 году произошла замена изреженного травостоя на опытном участке посредством метода ускоренного залужения. Работы по перезалужению включали в себя следующие операции: известкование почвы, фрезерование в двух направлениях фрезой ФБК-2, предпосевное прикатывание почвы катками ЗКВГ-1,5, посев сеялкой СЗТ-3,6 в конце второй декады августа многолетних трав следующего состава: *Festuca pratensis* Huds., *Alopecurus pratensis* L., *Phalaris arundinacea* L., послепосевное прикатывание почвы.

Агрохимические приемы при реабилитационных мероприятиях предусматривали внесение аммиачной селитры, простого гранулированного суперфосфата и хлористого калия в следующих дозах: в период с 2003 по 2008 год – $N0P0K0$, $N120P90K120$, $N120P90K240$, $N180P120K180$, $N180P120K360$ и в период с 2009 по 2015 год – $N0P0K0$, $N90P60K90$, $N90P60K150$, $N120P60K120$, $N120P60K180$.

Плотность загрязнения ^{137}Cs территории проведения эксперимента в период закладки опыта в 2003 году колебалась в пределах 1221-1554 $kBк/m^2$, в период перезалужения в 2008 году – 559-867 $kBк/m^2$.

Положения, выносимые на защиту.

1. Оценка эффективности и роли элементов питания минерального удобрения в повышении урожайности естественного и сеяного травостоя и качества продукции центрального луга реки Ипать Нечерноземной зоны России.
2. Возможность использования территории юго-запада Брянской области в отдаленный период после аварии на Чернобыльской АЭС в производстве нормативно «чистой» продукции кормопроизводства и животноводства.
3. Эффективность элементов питания и минерального удобрения в снижении удельной активности ^{137}Cs продукции естественного и улучшенного центрального луга реки Ипать Нечерноземной зоны России и в ограничении перехода ^{137}Cs по трофической цепи.
4. Закономерности изменения параметров плодородия почвы при применении систем удобрения. Значение минерального удобрения в перераспределении ^{137}Cs по профилю аллювиальной почвы.
5. Экономическая эффективность применения систем удобрения при использовании естественных и улучшенных лугов в условиях радиоактивного загрязнения.

Степень достоверности и апробация результатов. Работа по исследованию применения систем удобрения в условиях радиоактивно загрязненных пойменных лугов проводили согласно утвержденной на кафедре агрохимии, почвоведения и экологии Брянского ГАУ программы. Согласно которой была проведена работа с применением современных методов при достаточном количестве наблюдений. Полученные результаты, и сделанные на их основе вы-

воды и рекомендации, отраженные в диссертации, опираются на объективных экспериментальные данные, отображенные в рисунках и табличном материале. Трактовка результатов исследования происходила с использованием статистической обработки информации и её анализа.

Основные результаты исследований, вошедшие в диссертацию, были доложены автором и получили одобрение на международных и всероссийских конференциях и симпозиумах: «Агроэкологические аспекты устойчивого развития АПК на территориях загрязнённых радионуклидами» (Брянск, 2011), «Молодежь и инновации» (Горки, 2013; 2015; 2017), «30 лет после чернобыльской катастрофы. Роль Союзного государства в преодолении её последствий» (Горки, 2015), «Агротехнологии XXI века» (Пермь, 2015), «Агроэкологические основы применения удобрений в современном земледелии» (Москва, 2015), «Воспроизводство плодородия почв и их охрана в условиях современного земледелия» (Минск, 2015), «Чернобыль: 30 лет спустя» (Гомель, 2016), «Агроэкологические аспекты устойчивого развития АПК» (Брянск, 2016; 2018), «Агрохимикаты в XXI веке: теория и практика применения» (Нижний Новгород, 2017), «Актуальные вопросы экономики и агробизнеса» (Брянск, 2017; 2018), «Принципы и технологии экологизации производства в сельском, лесном и рыбном хозяйстве» (Рязань, 2017), «Технологические аспекты возделывания сельскохозяйственных культур» (Горки, 2017), «Экологическая, промышленная и энергетическая безопасность» (Севастополь, 2017), «Аграрная наука в условиях модернизации и инновационного развития АПК России» (Иваново, 2018), «Агрохимия в XXI веке» (Москва, 2018), «Инновационные достижения науки и техники АПК» (Кинель, 2018), «Мелиорация почв для устойчивого развития сельского хозяйства» (Киров, 2018), «Радиационные технологии в сельском хозяйстве и пищевой промышленности» (Обнинск, 2018), «Роль аграрной науки в устойчивом развитии сельскохозяйственных территорий» (Новосибирск, 2018), «Актуальные вопросы кормопроизводства. Состояние, проблемы, пути решения» (Кинель, 2019), «Инновационные направления в химизации земледелия и сельскохозяйственного производства» (Белгород, 2019), «Приемы повышения плодородия почв и эффективности удобрения» (Горки, 2019), «Современные проблемы радиобиологии, радиоэкологии и агроэкологии» (Обнинск, 2019), «Традиции и инновации в развитии АПК» (Великие Луки, 2019).

По теме диссертации опубликовано 64 научных работ в научных изданиях, сборниках и материалах докладов всероссийских и международных конференций, в том числе 28 статей опубликованных в журналах из перечня изданий, рекомендованных ВАК РФ.

Структура и объем диссертации. Диссертация изложена на 394 страницах машинописного текста и состоит из введения, 5 глав, заключения, рекомендаций производству, списка используемой литературы и приложений. Работа содержит 75 таблиц, 37 рисунков. Список литературы включает 310 наименований, в том числе 21 на иностранных языках.

Благодарности. Автор выражает благодарность научному консультанту профессору Белоусу Н.М. за постоянную помощь в работе, ценные советы и замечания, докторам сельскохозяйственных наук Харкевич Л.П. и Шаповалову В.Ф. за помощь в проведении эксперимента, а также коллективу центра коллективного пользования научным оборудованием при Брянском ГАУ за оперативную помощь в исследованиях и лично Кротову Д.Г.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

1. ПРИРОДНЫЕ УСЛОВИЯ БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ. На формирование стабильно высокой урожайности многолетних трав заливных лугов и качество получаемой продукции кормопроизводства большое влияние оказывают почвенно-климатические особенности территории, а также последствия аварии на Чернобыльской АЭС.

На территории Брянской области сенокосы и пастбища занимают площадь 546,2 тыс. га, они неравномерно распределены по почвенным разностям, при этом на долю заливных лугов приходится около 30 %.

Эксперимент проводили в западной части Брянской области, расположенную в бассейнах рек Ипути, Снов, Беседь, образует спокойную, слабоволнистую пониженную равнину, расчлененную речными долинами. Она входит в состав восточной окраины Белорусского Полесья.

Ровные массивы лугов долин рек, и особенно заливных лугов Ипути и ее притоков, представляют значительную ценность как естественные сенокосные и пастбищные угодья. Для более интенсивного и продуктивного использования пойменных земель зоны необходимы мероприятия агротехнического и культуртехнического порядка: борьба с засоренностью лугов, очистка от кустарников, поверхностное удобрение и осушительные работы на заболоченных участках.

Данные изменения агроклиматических показателей территории проведения исследования получены на метеорологическом poste Новозыбковская сельскохозяйственная опытная станция – филиал ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса» расположенном 52°30'50" северной широты и 31°51'36" восточной долготы на высоте 190 м над уровнем моря.

Анализ изменений агроклиматических показателей во времени установил, что произошло увеличение средних величин показателя температуры воздуха в период вегетации за годы исследований (периоды с 2003 по 2008 и с 2009 по 2014) в сравнении со среднемноголетними за период наблюдений 89 лет. При этом рассматривая термический режим периодов 2003-2008 и 2009-2014 годов проведения исследований, обнаружили, что вегетационный период с 2009 по 2014 год был более теплым в сравнении с периодом с 2003 по 2008 год.

Количество выпавших осадков во время вегетации многолетних трав первого укоса с 2003 по 2008 год в среднем, было больше, а в период с 2009 по 2014, было меньше среднемноголетнего показателя. Во время вегетации многолетних трав второго укоса, в период с 2003 по 2008 год в среднем, количество выпавших осадков было больше, а в период с 2009 по 2014 в среднем, было меньше среднемноголетнего показателя (рис. 1).

Рассматривая количество выпавших осадков периодов 2003-2008 и 2009-2014 годов проведения исследований, обнаружили, что как в вегетационный период, так и за год в целом период с 2003 по 2008 был более влажным в сравнении с 2009 по 2014 годом.

Агроклиматические условия юго-запада Брянской области позволяют реализовать потенциал продуктивности пойменных лугов, а при этом наравне с достаточными термическими и водными ресурсами необходимым условием развития лугопастбищного хозяйства необходимо применение минеральных удобрений, которые позволят не только увеличить урожайность естественного травостоя, но и снизить негативные последствия, связанные с аварией на Чернобыльской АЭС.

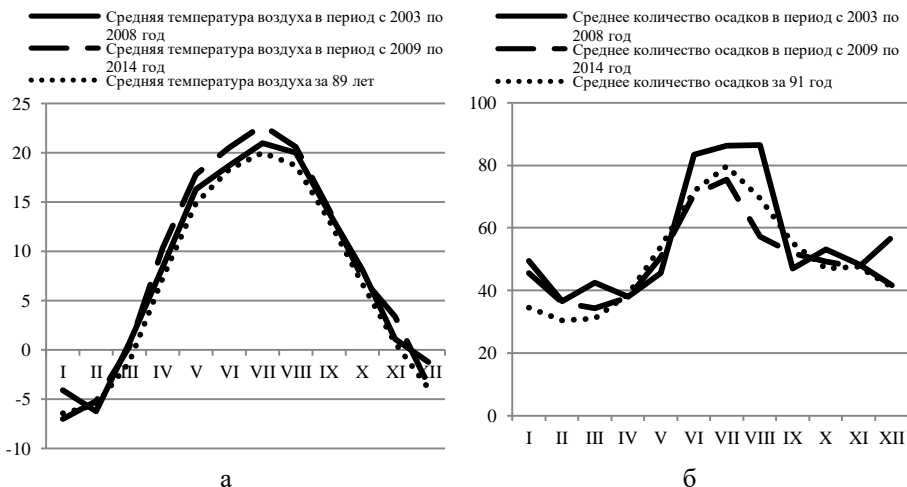


Рисунок 1 – Агроклиматические показатели: а – температура воздуха °С, б – количество осадков, мм.

В период проведения исследований были обнаружены другие изменения тесноты связи между количеством выпавших осадков, урожайностью и удельной активностью ^{137}Cs естественного травостоя в зависимости от применения минеральных удобрений и периода уборки урожая, эти данные подтверждают влияние погодных условий для реализации потенциала продуктивности естественного травостоя. При проведении защитных мероприятий в процессе реабилитаций радиоактивно загрязненных пойменных лугом необходимо учитывать ежегодные изменения погодных условий, которые влияют на получение зеленых и грубых кормов, соответствующих нормативу по содержанию ^{137}Cs .

Исследования по изучению роли минерального удобрения в кормопроизводстве на радиоактивных заливных лугах проводили на лугу центральной поймы реки Ипуть Новозыбковского района, Брянской области, в стационарном опыте по общепринятым методикам, лабораторные анализы проводили в центре коллективного пользования научным оборудованием при Брянском ГАУ.

ГЛАВА 2 ПРОДУКТИВНОСТЬ ПОЙМЕННОГО ЛУГА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ЕГО УЛУЧШЕНИЮ. Кормопроизводство занимает одну из главных ролей в сельскохозяйственном производстве, обеспечивает животноводство кормами, а растениеводству даёт возможность повысить урожайность сельскохозяйственных культур за счет внедрения эффективных севооборотов, почвоведению и земледелию возможность повышать плодородия почв. В конечном счете, обеспечивает эффективное и устойчивое ведение сельского хозяйства области, края, всей России. От внедрения в кормопроизводство научно-технических достижений зависит продовольственная безопасность.

Агроклиматические ресурсы территории проведения исследований и естественное плодородие аллювиальной луговой почвы обеспечивают среднюю урожайность 5,0 и 2,0 т/га зеленой массы естественного травостоя соответственно первого и второго укосов с 2003 по 2008 и 4,6 и 2,3 т/га с 2009 по 2014 год (табл. 1).

Применение агротехнических приёмов по улучшению луга совместно с посевом мятликовой травосмеси повышало урожайность в среднем в 1,1-1,7 раз в зависимости от времени укоса, мероприятия по улучшению и периоду исследования. Это является низким показателем продуктивности пастбища, внесение минеральных удобрений существенно повышало урожайность, как естественного, так и сеяного травостоя.

Таблица 1 – Урожайность зеленой массы травостоя пойменного луга, т/га

Система удобрения 2003-2008 г.	Естественный травостой	Сеяный травостой		Система удобрения 2009-2014 г.	Естественный травостой	Сеяный травостой	
		поверхностное улучшение	коренное улучшение			поверхностное улучшение	коренное улучшение
N0P0K0	5,0	6,3	6,3	N0P0K0	4,6	6,4	6,7
	2,0	2,7	3,3		2,3	2,5	2,5
P90K120	12,0	12,7	11,0	P60K90	11,4	13,1	13,2
	4,8	5,5	7,2		4,5	5,6	5,8
P120K180	12,1	14,0	11,4	P60K120	12,1	14,9	14,4
	5,7	6,5	9,0		5,7	6,7	6,6
N120P90K120	25,2	29,8	32,7	N90P60K90	18,9	23,5	24,3
	13,4	15,8	15,2		9,3	11,1	11,3
N120P90K180	23,4	27,0	25,8	N90P60K120	19,5	24,7	25,7
	13,2	16,3	16,5		9,8	11,5	12,0
N120P90K240	22,4	26,7	25,6	N90P60K150	20,3	27,2	29,2
	12,7	14,7	16,8		10,4	12,5	12,9
N180P120K180	28,9	30,9	32,5	N120P60K120	22,6	28,0	28,6
	14,6	18,7	17,8		11,6	14,0	14,3
N180P120K270	24,5	30,1	29,0	N120P60K150	24,1	30,1	30,3
	13,3	16,9	16,7		12,6	14,7	15,3
N180P120K360	25,4	29,2	28,9	N120P60K180	25,4	31,3	31,9
	13,9	16,9	16,8		13,3	15,6	16,0
HCP ₀₅	4,9	3,4	5,3	HCP ₀₅	5,3	6,0	6,2
	4,8	4,4	2,8		3,1	4,6	4,7

Примечание в числителе – первый укос, в знаменателе – второй укос.

Нашими исследованиями установлено, в периоды с 2003 по 2008 и с 2009 по 2014 год, минимальные колебания урожайности в совокупности полученных данных зависели от агроклиматических ресурсов региона, а максимальные – зависели от количества внесения доз минерального удобрения и соотношения в них элементов питания. При этом основным фактором повышения урожайности зеленой массы первого и второго укосов явились азотные удобрения, которые существенно увеличивали урожайность в сравнении с фосфорно-калийным и калийным удобрением.

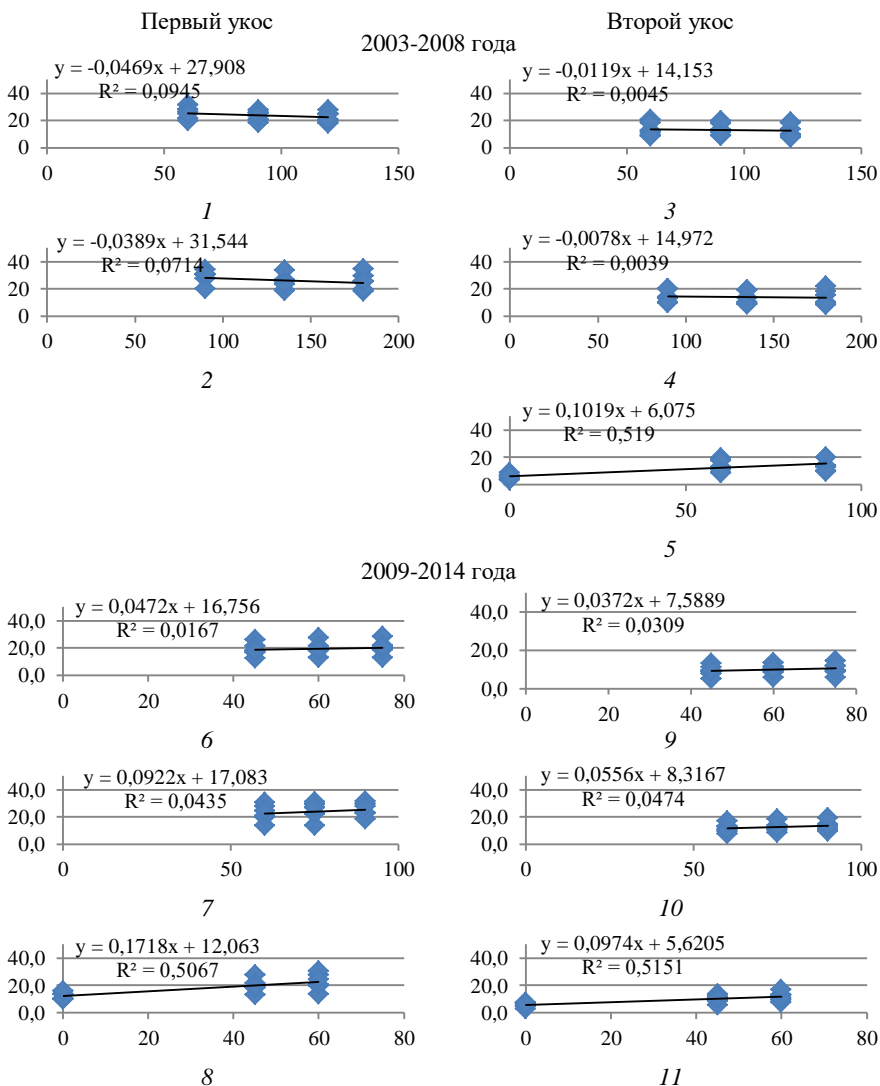


Рисунок 2 – Корреляция урожайности (т/га) зеленой массы естественного травостоя и возрастающих доз минерального удобрения (кг д.в. / га), $n = 18$: (1) – возрастающие дозы калийного удобрения на фоне N60P90, (2) – возрастающие дозы калийного удобрения на фоне N90P120, (3) – возрастающие дозы калийного удобрения на фоне N60, (4) – возрастающие дозы калийного удобрения на фоне N90, (5) – возрастающие дозы азотного удобрения на фоне K90, (6) – возрастающие дозы калийного удобрения на фоне N45P60, (7) – возрастающие дозы калийного удобрения на фоне N60P60, (8) – возрастающие дозы азотного удобрения на фоне K60P60, (9) – возрастающие дозы калийного удобрения на фоне N45, (10) – возрастающие дозы калийного удобрения на фоне N60, (11) – возрастающие дозы азотного удобрения на фоне K60.

Максимальная урожайность зеленой массы естественного травостоя в сумме за два укоса соответственно за период исследований с 2003 по 2008 и 2009 по 2014 год получена на варианте внесения минерального удобрения N180P120K360 и N120P60K180.

При применении минеральных удобрений при поверхностном и коренном улучшении выявили аналогичные тенденции, как и при их использовании на естественном травостое, но в другом количественном выражении.

Для оценки вклада различных видов минерального удобрения, вносимых по программе исследований 2003-2008 и 2009-2014 годов, в повышения урожайности зеленой массы естественного травостоя провели корреляционный анализ между количеством полученной продукции с пойменного луга и количеством элементов питания в минеральном удобрении (рис. 2).

Полученные данные о силе связи между урожайностью зеленой массы многолетних трав и составом элементов питания в минеральном удобрении свидетельствуют о главной роли азотных удобрений в повышении урожайности, как трав первого, так и второго укоса при поверхностном применении удобрения пойменных лугов. Аналогичные тенденции значения азотных удобрений в повышении урожайности выявили также при поверхностном и коренном улучшении луга.

При применении минеральных удобрений на сенокосах, как естественных, так и при поверхностном и коренном улучшении выявили аналогичные тенденции и закономерности, как и при их использовании на пастбищах, но в другом количественном выражении.

Показателем эффективности применения минеральных удобрений является их окупаемость прибавкой урожая, которая даёт возможность оценить вклад различных доз минеральных удобрений в увеличение урожайности естественного или сеяного травостоя пойменного луга.

В период исследований с 2003 по 2008 год наибольшая окупаемость прибавки урожая зеленой массы естественного в не зависимости от укосов травостоя обнаружена при внесении полного или азотно-калийного минерального удобрения в составе которого азотные 90 кг д.в. к калийным удобрениям были в соотношении 1 к 1. Повышение доли калийного удобрения в их составе вело к снижению окупаемости прибавки урожая соответственно зеленой массы первого и второго укосов. В период с 2009 по 2014 год наибольшая окупаемость прибавки урожая зеленой массы естественного травостоя в не зависимости от укосов обнаружена при внесении полного или азотно-калийного минерального удобрения в составе которого азотные 60 кг д.в. к калийным удобрениям были в соотношении 1 к 1. Увеличение доли калийного к азотному удобрению в составе полного минерального или азотно-калийного вело к снижению окупаемости прибавкой урожая зеленой массы естественного травостоя. При поверхностном или коренном улучшении пастбища выявили сходные тенденции в изменении эффективности минерального удобрения (табл. 2).

Таблица 2 – Окупаемость минеральных удобрений прибавкой урожая зеленой массы травостоя пойменного луга, кг на кг д.в.

Система удобрения 2003-2008 г.	Естественный травостой	Сеяный травостой		Система удобрения 2009-2014 г.	Естественный травостой	Сеяный травостой	
		поверхностное улучшение	коренное улучшение			поверхностное улучшение	коренное улучшение
P90K120	46,7	42,7	31,3	P60K90	64,8	63,8	61,9
	46,7	46,7	65,0		48,9	68,9	73,3
P120K180	33,8	36,7	24,3	P60K120	62,5	70,8	64,2
	41,1	42,2	63,3		56,7	70,0	68,3
N120P90K120	96,2	111,9	125,7	N90P60K90	95,3	114,0	117,3
	95,0	109,2	99,2		77,8	95,6	97,8
N120P90K180	76,7	86,3	81,3	N90P60K120	90,3	110,9	115,2
	74,7	90,7	88,0		71,4	85,7	90,5
N120P90K240	64,4	75,6	71,5	N90P60K150	87,2	115,6	125,0
	59,4	66,7	75,0		67,5	83,3	86,7
N180P120K180	79,7	82,0	87,3	N120P60K120	100,0	120,0	121,7
	70,0	88,9	80,6		77,5	95,8	98,3
N180P120K270	56,5	69,0	65,8	N120P60K150	100,0	121,5	121,0
	50,2	63,1	59,6		76,3	90,4	94,8
N180P120K360	52,3	58,7	57,9	N120P60K180	99,0	118,6	120,0
	44,1	52,6	50,0		73,3	87,3	90,0

Примечание в числителе – первый укос, в знаменателе – второй укос.

Обнаружили аналогичные тенденции изменения эффективности минерального удобрения при использовании пойменного луга, в качестве сенокоса, как и при использовании их на пастбищах, но в другом количественном выражении.

Решающая роль в развитии животноводства принадлежит сбалансированной кормовой базе, организации полноценного кормления животных, обеспеченности их высококачественными кормами. Оценка качества получаемого корма с учетом экологической составляющей – важный этап внедрения систем удобрения в конкретных условиях.

Раскрыли тенденции повышения сырого протеина, сырой клетчатки и снижения БЭВ в сене естественного травостоя при увеличении доли калийного удобрения по отношению к азотному при различных системах удобрения, предусмотренных программами исследований на 2003-2008 и 2009-2014 года.

Установили тенденции увеличения содержания фосфора, калия и кальция и уменьшения магния в сене естественного травостоя при увеличении доли калийного удобрения по отношению к азотному при различных системах удобрения, предусмотренных программами исследований на 2003-2008 и 2009-2014 года.

ГЛАВА 3 РАДИОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ВОЗВРАТА КОРМОВЫХ УГОДИЙ, ПОСТРАДАВШИХ В РЕЗУЛЬТАТЕ АВАРИИ НА ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АЭС, К ВЕДЕНИЮ ЛУГОВОГО КОРМОПРОИЗВОДСТВА. 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 площади 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.

По данным центра «Брянскагрохимрадиология» снижение средневзвешенной плотности загрязнения почв сельскохозяйственных угодий на начало 2016 года по отношению к маю 1986 года в наиболее загрязнённых юго-западных районах снижение сельскохозяйственных угодий составило 45%, пашни – 40%, сенокосов и пастбищ – 55 %.

При этом наиболее загрязнёнными сельскохозяйственными угодьями на юго-западе Брянской области оказались сенокосы и пастбища (рис. 3).

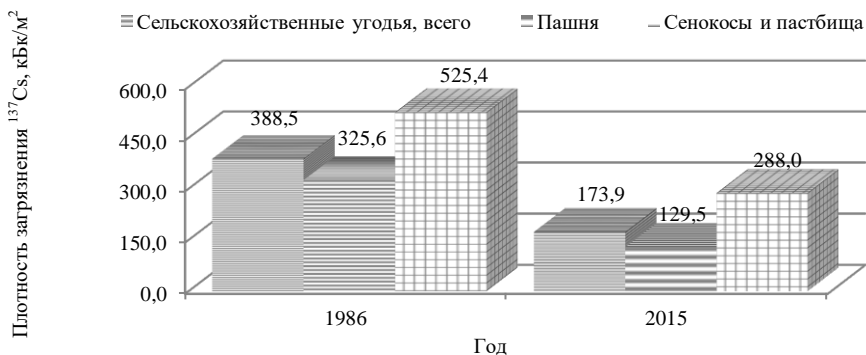


Рисунок 3 – Средневзвешенная плотность загрязнения ^{137}Cs (кБк/м²) по видам угодий юго-запада Брянской области (данные ФГБУ «Брянскагрохимрадиология» на 01.01.2016 г.)

Исходя из плотности загрязнения юго-западных районов, наиболее напряжённая ситуация в производстве кормов на естественных кормовых угодьях складывается в Новозыбковском и Гордеевском районах (рис. 4).

При этом почвенный покров сельскохозяйственных угодий, используемых для производства кормов в хозяйствах юго-запада Брянской области, в основном представлен песчаными и супесчаными почвами с низким естественным плодородием. Отмеченные свойства почв обуславливают относительно слабую фиксацию ^{137}Cs , что приводит к его повышенной подвижности в системе почва-растение, первом трофическом уровне питания сельскохозяйственных животных.

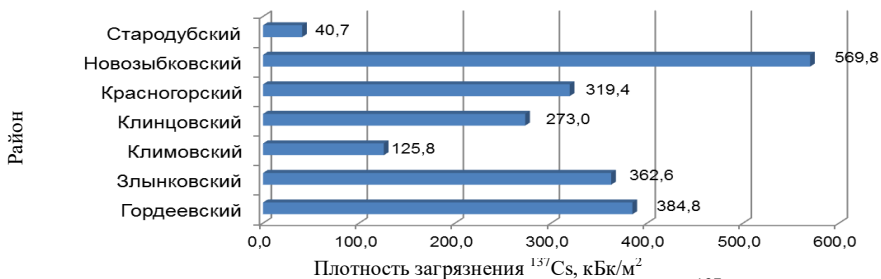


Рисунок 4 – Средневзвешенная плотность загрязнения ¹³⁷Cs сенокосов и пастбищ юго-западных районов Брянской области

Во многом состояние плодородия кормовых угодий и степень их загрязнения объясняют ситуацию в общественных и личных хозяйствах, где отмечается высокий риск превышения допустимого уровня содержания ¹³⁷Cs в кормах и, как следствие этого, в молоке.

Основным критерием, определяющим необходимость проведения защитных мероприятий в сельском хозяйстве, является превышение нормативов содержания радионуклидов в продукции агропромышленного производства, что ограничивает её использование.

Данные о риске получения молока, производимого в общественных и личных хозяйствах района, не соответствующего допустимому уровню, приведены в таблице 3 показывая, что средний процент риска в период за 2010-2017 годы по районам и категориям хозяйств различался. Наибольший риск превышения нормативов по содержанию ¹³⁷Cs обнаружили в личных хозяйствах, который по молоку колебался в зависимости от района от 10,0 до 45,6%, по кормам в зависимости от вида от 15,6 до 53,3%.

Таблица 3 – Риск получения молока и кормов не соответствующих допустимым уровням по содержанию ¹³⁷Cs в юго-западных районах Брянской области, %

Район	Общественные хозяйства			Личные хозяйства		
	молоко	травы	сено	молоко	травы	сено
Новозыбковский	4,3	31,3	12,9	10,0	38,7	15,6
Злынковский	0,0	21,2	16,4	19,4	35,3	29,2
Клинцовский	7,2	35,0	16,0	15,7	43,0	19,7
Гордеевский	24,7	38,4	34,7	45,9	51,4	53,3
Красногорский	4,1	28,5	6,7	26,0	50,3	38,2

При этом в общественных хозяйствах риск получения молока и продукции кормопроизводства, не соответствующего допустимым уровням по содержанию ¹³⁷Cs, был меньше в сравнении с личными хозяйствами. По-видимому, это связано с повышенным уровнем радиоактивного загрязнения мест, в которых ведётся выпас частного поголовья скота, и отсутствием мер активной радиационной защиты этих территорий.

Рассматривая вероятность получения загрязненной продукции животноводства и кормопроизводства по районам следует отметить, что наибольший риск отмечен для Гордеевского района, который наряду с Новозыбковским является одним из самых загрязненных.

В то же время выявили высокую вариабельность загрязнения ^{137}Cs продукции животноводства и кормопроизводства во всех районах. В хозяйствах юго-западных районов разница между минимальным и максимальным значениями содержания ^{137}Cs в молоке и кормах превышала десятки раз, что говорит о неравномерности радиоактивного загрязнения (табл. 4).

Таблица 4 – Среднее максимальных и минимальных значений содержания ^{137}Cs молока и кормов в юго-западных районах Брянской области

Район	Общественные хозяйства						Личные хозяйства					
	молоко		трава		сено		молоко		трава		сено	
	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min
Новозыбковский	159	5	1506	16	2918	24	187	4	597	17	1985	28
Злынковский	62	2	451	9	1879	23	306	1	1477	6	2374	9
Клинцовский	208	4	3452	8	3127	4	257	3	1759	9	2345	4
Гордесевский	298	19	730	16	1003	36	326	18	356	17	803	43
Красногорский	103	5	1070	11	890	18	202	4	1614	14	2379	18

Это показывает, что необходимо проводить адресную помощь в проведении защитных мероприятий. В то же время превышение нормативов будет носить долговременный характер.

Авария на Чернобыльской АЭС привела к серьезным экологическим, экономическим и социальным последствиям и определила новое отношение к ведению сельскохозяйственного производства в обстановки радиоактивного загрязнения территории.

Главной целью, стоящей перед сельскохозяйственными организациями, является производство продукции кормопроизводства с допустимым уровнем содержания радионуклидов. Основным источником поступления ^{137}Cs в растения служит почва и поэтому именно применительно к ней разрабатывается комплекс защитных мероприятий, обращенный на предельно возможное снижение перехода ^{137}Cs в растения.

Агроклиматические ресурсы территории проведения исследований и естественное плодородие аллювиальной луговой почвы обеспечивают получения зеленой массы естественного травостоя со средней удельной активностью ^{137}Cs 902 и 1159 Бк/кг соответственно первого и второго укосов в период с 2003 по 2008, 1137 и 1201 Бк/кг с 2009 по 2014 год, что выше допустимого уровня 9-12 раз (табл. 5).

Применение агротехнических приёмов по улучшению луга совместно с посевом мятликовой травосмеси снижало среднюю удельную активностью ^{137}Cs корма, но только при коренном улучшении, что связано с погружением наиболее загрязнённого верхнего слоя на глубину. Внесение минеральных удобрений существенно снижало удельную активностью ^{137}Cs зеленой массы, как естественного, так и сеяного травостоя, доводя содержание ^{137}Cs до нормативного значения.

Нашими исследованиями установлено, что, в периоды с 2003 по 2008 и с 2009 по 2014 год, на лугу центральной поймы минимальные колебания удельной активности ^{137}Cs в совокупности полученных данных зависели от количества внесения доз минерального удобрения и соотношения в них элементов питания, а максимальные – зависели от плотности загрязнения ^{137}Cs территории и агроклиматических ресурсов региона.

Минимальная удельная активность ^{137}Cs зеленой массы естественного травостоя соответственно первого и второго укосов получена на вариантах с соотношением азотных к калийным удобрениям в период с 2003 по 2008 год как 1 к 2,0, а с 2009 по 2014 год как 1 к 1,5.

Таблица 5 – Удельная активность ^{137}Cs зеленой массы травостоя пойменного луга, Бк/кг

Система удобрения 2003-2008 г.	Естественный травостой	Сеяный травостой		Система удобрения 2009-2014 г.	Естественный травостой	Сеяный травостой	
		поверхностное улучшение	коренное улучшение			поверхностное улучшение	коренное улучшение
N0P0K0	902	1011	791	N0P0K0	1137	1119	817
	1159	995	929		1201	1154	783
P90K120	137	117	88	P60K90	156	94	138
	161	123	116		129	117	108
P120K180	35	33	26	P60K120	109	79	85
	50	47	34		113	84	81
N120P90K120	342	352	280	N90P60K90	320	320	275
	479	442	358		301	332	255
N120P90K180	82	90	75	N90P60K120	235	165	146
	119	113	101		264	154	175
N120P90K240	45	48	40	N90P60K150	137	100	102
	64	50	44		143	101	97
N180P120K180	102	106	90	N120P60K120	152	124	122
	224	182	144		181	122	133
N180P120K270	46	38	33	N120P60K150	87	69	74
	56	50	41		100	68	115
N180P120K360	21	16	17	N120P60K180	70	53	56
	28	23	20		78	46	60
<i>HCP</i> ₀₅	85	44	86	<i>HCP</i> ₀₅	90	112	94
	93	56	62		73	120	126

Примечание в числителе – первый укос, в знаменателе – второй укос.

При этом основным фактором снижения удельной активности ^{137}Cs зеленой массы естественного травостоя первого и второго укосов явились калийные удобрения, которые явились главным фактором получения зеленого корма соответствующего нормативу по содержанию ^{137}Cs в нем.

Для оценки вклада различных видов минерального удобрения, вносимых по программам исследований 2003-2008 и 2009-2014 годов, в изменения удельной активности ^{137}Cs зеленой массы естественного травостоя провели корреляционный анализ между удельной активностью ^{137}Cs в зеленом корме, полученном с пойменного луга и количеством и соотношением элементов питания в минеральном удобрении (рис. 5).

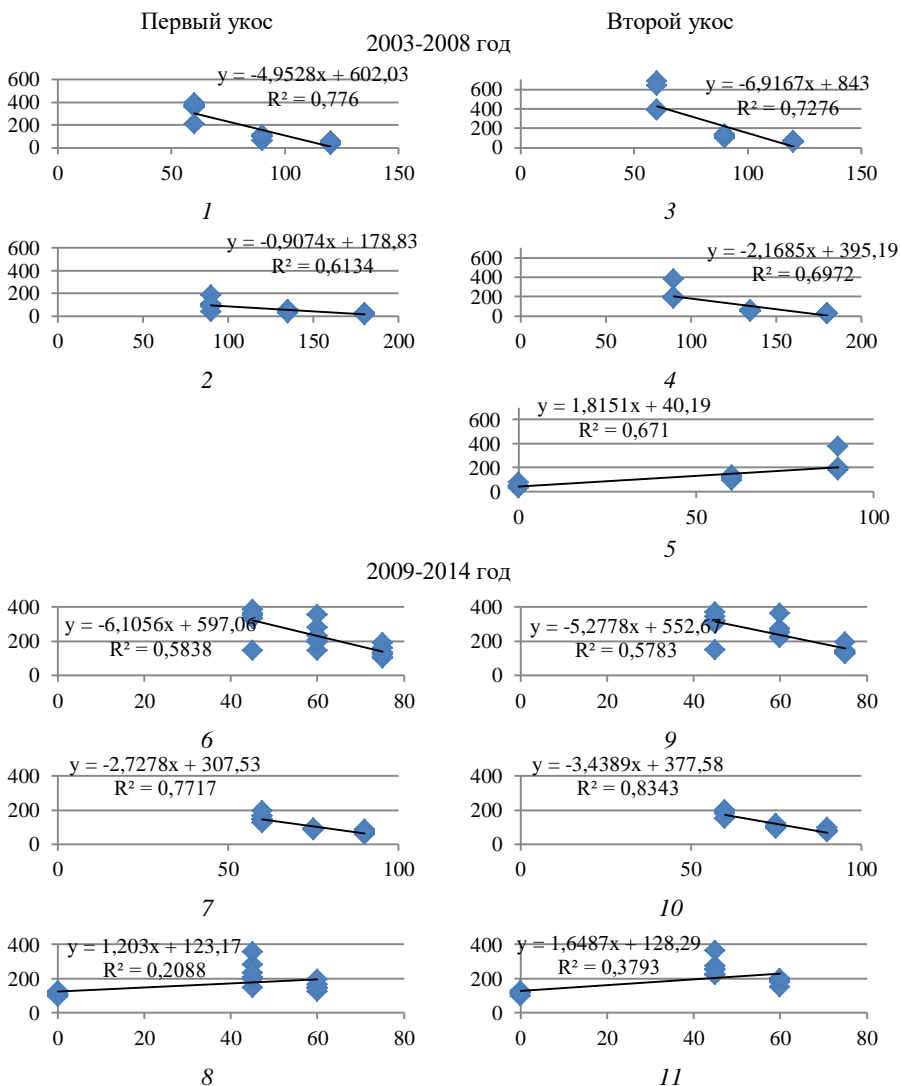


Рисунок 5 – Корреляция удельной активности ^{137}Cs (т/га) зеленой массы естественного травостоя и возрастающих доз минерального удобрения (кг д.в. / га), $n = 18$: (1) – возрастающие дозы калийного удобрения на фоне N60P90, (2) – возрастающие дозы калийного удобрения на фоне N90P120, (3) – возрастающие дозы калийного удобрения на фоне N60, (4) – возрастающие дозы калийного удобрения на фоне N90, (5) – возрастающие дозы азотного удобрения на фоне K90, (6) – возрастающие дозы калийного удобрения на фоне N45P60, (7) – возрастающие дозы калийного удобрения на фоне N60P60, (8) – возрастающие дозы азотного удобрения на фоне K60 P60, (9) – возрастающие дозы калийного удобрения на фоне N45, (10) – возрастающие дозы калийного удобрения на фоне N60, (11) – возрастающие дозы азотного удобрения на фоне K60.

Полученные данные свидетельствуют, что в период с 2003 по 2008 год главная роль в снижении удельной активностью ^{137}Cs зеленой массы первого и второго укосов многолетних трав принадлежит калийному, а в повышении – азотному удобрению (сильная связь), а в период с 2009 по 2014 год главная роль калийному, а азотному удобрению в повышении (средняя связь).

При поверхностном и коренном улучшении пастбищ выявили аналогичные тенденции действия минерального удобрения к изменению удельной активности ^{137}Cs корма, как и при их использовании на естественном травостое, но в другом количественном выражении.

При применении минеральных удобрений на сенокосах, как естественных, так и при поверхностном и коренном улучшении выявили сходные тенденции и закономерности, как и при их использовании на пастбищах, но в другом количественном выражении.

Главным источником поступления радиоактивных веществ в организм животных является корм (более 90 %), основу которого для сельскохозяйственных животных составляют растения, и в значительно меньшей степени – вода. К сожалению, набор приемов, способствующих уменьшению перехода радионуклидов из корма и воды в продукты животноводства весьма ограничен. Практически он сводится к двум мероприятиям: правильному составлению рационов и включению в рацион добавок и препаратов, препятствующих такому переходу. Поэтому ограничение перехода радионуклидов в системе почва → растение (корм) является важнейшим мероприятием по повышению производства – нормативно «чистой» продукции животноводства (мяса, молока). Это особенно актуально при экстенсивном типе кормления животных кормами с естественных лугов.

Плотность загрязнения ^{137}Cs центральной поймы р. Ипуть Новозыбковского района, Брянской области в периоды с 2003 по 2008 и с 2009 по 2014 год соответственно находилась в пределах 867-1221 и 559-867 кБк/м², использовать пойменный луг для выпаса скота без применения защитных мероприятий недопустимо, так как поедание зеленого корма животными с таких угодий приводит к получению продукции животноводства не отвечающему допустимому уровню по содержанию ^{137}Cs в молоке (100 Бк/л) и мясе (200 Бк/кг). А потребление в пищу этого молока и мяса ведет к получению дозы внутреннего облучения, которая превышает норматив радиационной безопасности (1000 мкЗв/год) (табл. 6, 7).

Внесение минерального удобрения в дозах и соотношениях предусмотренных программой исследования 2003-2008 и 2009-2014 годов на пойменном лугу способствует уменьшению перехода ^{137}Cs из почвы в продукцию кормопроизводства, и вследствие чего снижения его содержания в продукции животноводства.

При поверхностном и коренном улучшении пастбищ выявили аналогичные тенденции действия минерального удобрения в изменении перехода ^{137}Cs по трофической цепи, как и при их использовании на естественном травостое, но в другом количественном выражении.

При применении минеральных удобрений на сенокосах, как естественных, так и при поверхностном и коренном улучшении выявили сходные тенденции и закономерности в изменении перехода ^{137}Cs по трофической цепи, как и при их использовании на пастбищах, но в другом количественном выражении.

Таблица 6 – Переход ^{137}Cs по трофическим уровням в зависимости от применения минерального удобрения на пойменном лугу и количества потребления зеленого корма при выращивании КРС в период 2003-2008 года

Масса зеленого корма, кг	Удельная активность ^{137}Cs молока, Бк/л		Удельная активность ^{137}Cs мяса, Бк/кг		Доза внутреннего облучения получаемая за счет молока и мяса, мкЗв/год	
	1 укос	2 укос	1 укос	2 укос	1 укос	2 укос
N0P0K0						
15	135	174	541	695	574	738
30	271	348	1082	1391	1148	1475
45	406	522	1624	2086	1722	2213
60	541	695	2165	2782	2296	2951
P90K120						
15	21	24	82	97	87	102
30	41	48	164	193	174	205
45	62	72	247	290	262	307
60	82	97	329	386	349	410
P120K180						
15	5	8	21	30	22	32
30	11	15	42	60	45	64
45	16	23	63	90	67	95
60	21	30	84	120	89	127
N120P90K120						
15	51	72	205	287	218	305
30	103	144	410	575	435	610
45	154	216	616	862	653	915
60	205	287	821	1150	871	1219
N120P90K180						
15	12	18	49	71	52	76
30	25	36	98	143	104	151
45	37	54	148	214	157	227
60	49	71	197	286	209	303
N120P90K240						
15	7	10	27	38	29	41
30	14	19	54	77	57	81
45	20	29	81	115	86	122
60	27	38	108	154	115	163
N180P120K180						
15	15	34	61	134	65	143
30	31	67	122	269	130	285
45	46	101	184	403	195	428
60	61	134	245	538	260	570
N180P120K270						
15	7	8	28	34	29	36
30	14	17	55	67	59	71
45	21	25	83	101	88	107
60	28	34	110	134	117	143
N180P120K360						
15	3	4	13	17	13	18
30	6	8	25	34	27	36
45	9	13	38	50	40	53
60	13	17	50	67	53	71

Таблица 7 – Переход ^{137}Cs по трофическим уровням в зависимости от применения минерального удобрения на пойменном лугу и количества потребления зеленого корма при выращивании КРС в период 2009-2014 года

Масса зеленого корма, кг	Удельная активность ^{137}Cs молока, Бк/л		Удельная активность ^{137}Cs мяса, Бк/кг		Доза внутреннего облучения получаемая за счет молока и мяса, мкЗв/год	
	1 укос	2 укос	1 укос	2 укос	1 укос	2 укос
N0P0K0						
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

При оценке естественных кормовых угодий необходимо учитывать не только содержание ^{137}Cs в почве и в луговых травах, но и соответствие их допустимым уровням, которые могут различаться для разных видов продукции кормопроизводства и ее назначения. Для этого предлагаем использовать, предложенный Просянным Е.В. с соавторами (2000) показатель агроэкологической пригодности (ПАП) конкретной загрязненной территории, который характеризует, во сколько раз фактическое содержание ^{137}Cs (Бк/кг) в зеленых и грубых кормах превышает допустимые значения, и не должен подниматься выше единицы (1,0).

По мере увеличения значения ПАП экологическая пригодность территории снижается. При этом снижение ПАП может идти двумя путями, первый путь это применение защитных мероприятий, препятствующих переходу ^{137}Cs из почвы в продукцию кормопроизводства и второй путь повышения допустимого уровня содержания ^{137}Cs в сельскохозяйственной продукции.

Таблица 8 – Агроэкологическая пригодность радиоактивно загрязнённого луга центральной поймы реки Ипуть используемого в качестве пастбища

Система удобрения 2003-2008 г.	Естественный травостой	Сеяный травостой		Система удобрения 2009-2014 г.	Естественный травостой	Сеяный травостой	
		поверхностное улучшение	коренное улучшение			поверхностное улучшение	коренное улучшение
первый укос							
N0P0K0	9,0	10,1	7,9	N0P0K0	11,4	11,2	8,2
P90K60	1,4	1,2	0,9	P60K45	1,6	0,9	1,4
P120K90	0,4	0,3	0,3	P60K60	1,1	0,8	0,9
N60P90K60	3,4	3,5	2,8	N45P60K45	3,2	3,2	2,8
N60P90K90	0,8	0,9	0,8	N45P60K60	2,4	1,7	1,5
N60P90K120	0,5	0,5	0,4	N45P60K75	1,4	1,0	1,0
N90P120K90	1,0	1,1	0,9	N60P60K60	1,5	1,2	1,2
N90P120K135	0,5	0,4	0,3	N60P60K75	0,9	0,7	0,7
N90P120K180	0,2	0,2	0,2	N60P60K90	0,7	0,5	0,6
второй укос							
N0P0K0	11,6	10,0	9,3	N0P0K0	12,0	11,5	7,8
K60	1,6	1,2	1,2	K45	1,3	1,2	1,1
K90	0,5	0,5	0,3	K60	1,1	0,8	0,8
N60K60	4,8	4,4	3,6	N45K45	3,0	3,3	2,6
N60K90	1,2	1,1	1,0	N45K60	2,6	1,5	1,8
N60K120	0,6	0,5	0,4	N45K75	1,4	1,0	1,0
N90K90	2,2	1,8	1,4	N60K60	1,8	1,2	1,3
N90K135	0,6	0,5	0,4	N60K75	1,0	0,7	1,2
N90K180	0,3	0,2	0,2	N60K90	0,8	0,5	0,6

Полученные результаты установили, что луга центральной поймы реки Ипуть Новозыбковского района Брянской области при плотности загрязнения ^{137}Cs территории выше 555 kBк/м^2 не пригодны для использования их в качестве кормовой базы местного животноводства (табл. 8).

Так как ПАП в независимости от времени проведения опыта, без применения защитных мероприятий, был в пределах 7,8-11,5 единиц при использо-

вании луга в качестве пастбища, что говорит о необходимости проведения реабилитационных мероприятий. Применение минерального удобрения в дозах предусмотренных программой исследований в 2003-2008 и 2009-2014 годах повышала адаптивность пойменного луга до пригодного. Следует отметить, что в период 2003-2008 года дозы калийных удобрений были больше, чем в 2009-2014 году, но при этом для адаптации необходимо было вносить полное минеральное или азотно-калийное удобрения соотношения, в котором азота к калию, должно быть как 1 : 1,5.

При поверхностном и коренном улучшении пастбищ выявили аналогичные тенденции действия минерального удобрения в изменении агроэкологической пригодности, как и при их использовании на естественном травостое, но в другом количественном выражении.

При применении минеральных удобрений на сенокосах, как естественных, так и при поверхностном и коренном улучшении выявили сходные тенденции и закономерности в изменении агроэкологической пригодности, как и при их использовании на пастбищах, но в другом количественном выражении.

ГЛАВА 4 МИНЕРАЛЬНЫЕ УДОБРЕНИЯ В ВОСПРОИЗВОДСТВЕ ПЛОДОРОДИЯ АЛЛЮВИАЛЬНОЙ ПОЧВЫ И ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЯ ¹³⁷CS ПО ПРОФИЛЮ ПОЧВЫ. Среди различных почв нашей страны совершенно особое место принадлежит пойменным почвам. Они резко отличаются от почв водораздельных пространств как по своему генезису и свойствам, так и по хозяйственному использованию. Занимая сравнительно небольшую площадь, они все же представляют значительную ценность для сельскохозяйственного производства.

При этом нарушение баланса питательных веществ в земледелии ведет не только к уменьшению производства продукции и ухудшению ее качества, но и к снижению устойчивости агроландшафтов. В этой связи компенсацию дефицита биогенных элементов применением химических мелиорантов, органических и минеральных удобрений необходимо рассматривать как экологически обоснованную задачу, а объектом регулирования биологического круговорота становится уже не отдельный агроценоз, а агроландшафты в целом с учетом вертикальных и горизонтальных геохимических потоков.

Применение агротехнических и агрохимических приемов улучшения пойменных лугов, используемых в качестве сенокосов или пастбищ, изменяют агрохимические показатели аллювиальной почвы.

Изменение содержания органического углерода в почве варьировалось во времени в пределах 2,92-3,27 %. Применение агротехнических приемов улучшения пойменных лугов, главным образом при проведении двухъярусной вспашки, снижало содержание углерода органического, это связано с перемещением на поверхность нижележащих горизонтов почвы, менее обеспеченных органическим веществом, при этом с годами происходило выравнивание показателя. Агрохимические совместно с агротехническими приемами улучшения пойменных лугов в условиях опыта существенно повышали содержания углерода органического, изменяя этот показатель во времени.

Динамика изменения обменной кислотности за годы исследований находилась в диапазоне 4,47-5,68 ед. Применение агротехнических приемов улучшения пойменных лугов, главным образом при проведении двухъярусной вспашки, подкисляло верхний горизонт, это связано перемешиванием верхнего горизонта с нижележащим, который более кислый, однако по прошествии лет

происходило снижение кислотности. Выявили тенденцию к снижению кислотности при внесении минеральных удобрений.

Изменения содержания подвижного фосфора и обменного калия во времени находились соответственно в диапазоне 121-190 и 46-99 мг/кг. Применение агротехнических приемов улучшения пойменных лугов не изменяло эти показатели. Агрохимические приемы улучшения пойменных лугов в условиях опыта увеличивали содержание элементов питания в почве, при этом наблюдали тенденцию, а в некоторых случаях и существенное повышение, что при повышении уровня химизации увеличивалось содержания подвижного фосфора и обменного калия.

Возделывание многолетних трав совместно с агротехническим и агрохимическим улучшением луга оказывает положительное действие на агрохимические свойства аллювиальной почвы, при этом даже на варианте без применения приемов улучшения наблюдали, сохранение плодородия во времени на одном уровне.

Использование луга центральной поймы р. Ипуть Новозыбковского района Брянской области в качестве пастбища или сенокоса не изменяет агрохимические показатели плодородия аллювиальной почвы. Коренное и поверхностное улучшение с внесением минерального удобрения увеличивает содержание элементов питания в почве.

В настоящее время вопросы действия агротехнических и агрохимических приемов на перераспределение радионуклидов и их миграцию по почвенному профилю аллювиальных почв, а в дальнейшем и их переход в растения остаются недостаточно изучены.

Необходимость исследования вертикального распределения ^{137}Cs по профилю аллювиальной почвы определяется нахождением удельной активности ^{137}Cs корнеобитаемого слоя почвы, для прогноза его перехода в растения.

Вертикальная миграция в почве ^{137}Cs протекает с малой скоростью. Миграции радионуклидов зависит в значительной степени от состава органических и минеральных компонентов почвы, ее физико-химических характеристик и режима увлажнения.

В 1994 году, через 8 лет после аварии на Чернобыльской АЭС, на пойменном лугу, где до этого не проводили никаких реабилитационных мероприятий, основная масса ^{137}Cs сосредоточена в дернине (56,9 %) далее его концентрация снижалась, при этом в слое 0-15 см его было более 95% (рис. 6).

Применение поверхностного улучшения на пойменном лугу изменяло удельную активность ^{137}Cs по слоям профиля почвы, установили равномерное распределение ^{137}Cs в слоях 0-5 и 5-10 см, при этом в слое 0-15 см его было более 95%. Применение коренного улучшения изменяло удельную активность ^{137}Cs по слоям профиля почвы, происходило перераспределение радионуклида из верхних в нижележащие слои, наибольшая удельная активность ^{137}Cs обнаружена в слое 10-15 см (36,5 %), при этом в слое 0-15 см около 70%.

По прошествии 13 лет под действием природно-климатических ресурсов и агротехнических приемов улучшения и возделывание многолетних трав распределение ^{137}Cs в профиле аллювиальной почвы изменилось. В условиях естественного луга произошло выравнивание ^{137}Cs в слоях 0-5 и 5-10 см и миграция радионуклида в глубину профиля. В результате чего в слое 0-15 см удельная активность ^{137}Cs снизилась на 5%. При поверхностном улучшении, произошло выравнивание удельной активности ^{137}Cs в слоях 0-5, 5-10 и 10-15 см, и наблю-

дали миграцию радионуклида в глубину профиля. В результате чего в слое 0-15 см удельную активность ^{137}Cs снизилась на 17%. На лугу, где проводилось коренное улучшение, произошло выравнивание удельной активности ^{137}Cs в слоях 15-20 и 20-25 см, и миграции некоторых ^{137}Cs количеств в глубину. В результате чего в слое 0-15 см концентрация ^{137}Cs снизилась на 34%.

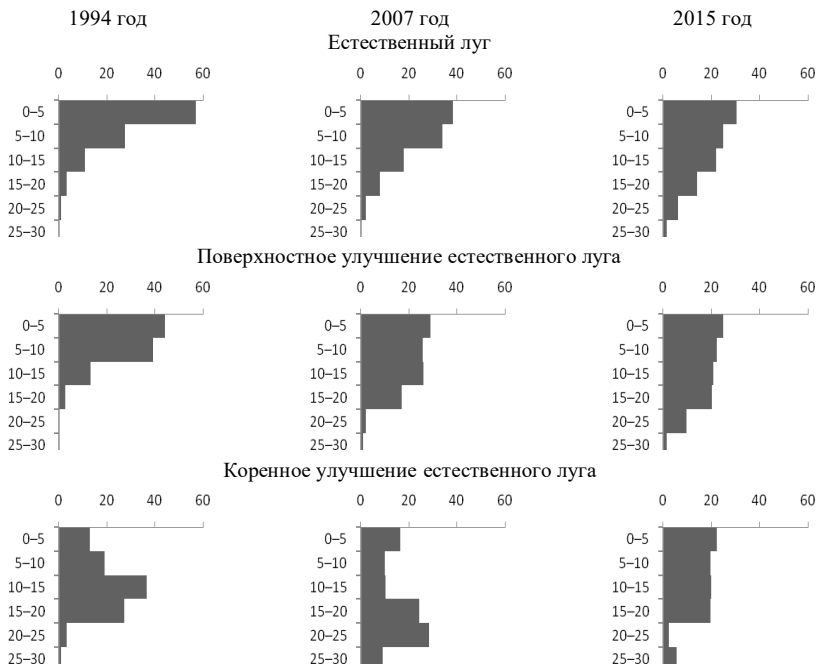


Рисунок 6 – Динамика вертикального распределения ^{137}Cs в аллювиальной почве в зависимости от агротехнических приемов улучшения, % от суммарной удельной активности ^{137}Cs 60-сантиметрового слоя

В 2008 году было проведено ускоренное перезалужение – фрезерование в двух направлениях, с последующим посевом многолетних мятликовых трав. В результате действия природно-климатических факторов и проведенных мероприятий по перезалужению в 2015 году распределение ^{137}Cs в профиле аллювиальной почвы изменилось.

В условиях естественного луга произошло выравнивание удельной активности ^{137}Cs в слоях 0-5, 5-10 и 10-15 см и миграция радионуклида в глубину профиля. В результате в слое 0-15 см удельной активности ^{137}Cs снизилась на 12 % по сравнению в 2007 годом. На лугу, где провели поверхностное улучшение, произошло выравнивание удельной активности ^{137}Cs в слоях 0-5, 5-10, 10-15 и 15-20 см, также обнаружили миграцию радионуклида в ниже лежащие слои почвы. В результате чего в слое 0-15 см его концентрация снизилась на 12 % по сравнению с 2007 годом. На лугу, где провели коренное улучшение, произошло выравнивание ^{137}Cs в слоях 0-5, 5-10, 10-15 и 15-20 см, установили ми-

грацию радионуклида в ниже лежащие слои почвы. Однако в слое 0-15 см его концентрация увеличилась на 25 % по сравнению с 2007 годом.

Реабилитация радиоактивно загрязненных пойменных лугов посредством проведения агротехнических приемов улучшения, изменяет распределения ^{137}Cs по профилю аллювиальной почвы. При этом с годами происходило постепенное выравнивание концентрации ^{137}Cs в пределах корнеобитаемого слоя. На естественном лугу более половины ^{137}Cs сосредоточено в слое 0-10 см, перемещение по профилю происходит очень медленно.

Исследования по изучению действия агрохимических приемов улучшения на распределение ^{137}Cs в профиле аллювиальной почвы проводили как на естественном пойменном лугу, так при поверхностном и корневом улучшении.

При внесении минерального удобрения в дозах и сочетаниях предусмотренных программой исследования на 1994-2008 года, выявили тенденцию к увеличению удельной активности ^{137}Cs в дернине (слой 0-5 см) при увеличении дозы калийного удобрения в полном минеральном удобрении по сравнению с азотными (рис. 7).

В результате перезалужения 2008 года и модификации доз и соотношений минерального удобрения предусмотренной программой исследования на 2009-2015 годы, изменилось и распределение ^{137}Cs в профиле аллювиальной почвы. Дозы калийного удобрения свыше 120 кг по д.в. увеличивали концентрацию ^{137}Cs в слое 0-5 см. Обнаружили тенденцию к миграции радионуклида из ниже лежащих слоев в верхний корнеобитаемый слой.

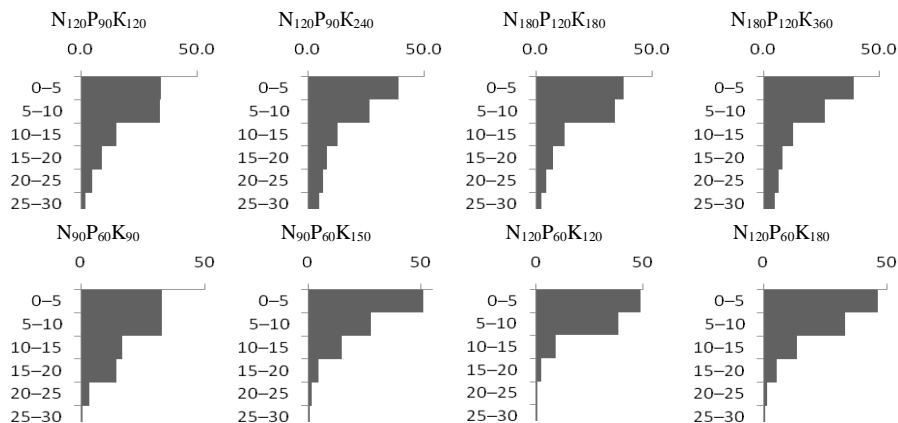


Рисунок 7 – Динамика вертикального распределения ^{137}Cs в аллювиальной почве пойменного луга в зависимости от агрохимических приемов улучшения, % от суммарной удельной активности ^{137}Cs 60-сантиметрового слоя

При проведении поверхностного улучшения и внесения минерального удобрения в дозах и сочетаниях предусмотренных программой исследования на 1994-2008 годы, установили выравнивание удельной активности ^{137}Cs в слоях 0-5 и 5-10 см (рис. 8).

После проведения перезалужения в 2008 году и изменения доз и соотношений минерального удобрения, предусмотренных программой исследования на 2009-2015 годы, произошло увеличение удельной активности ^{137}Cs в слое 10-

15 см, за счет снижения в нижележащих слоях. Установили дальнейшее повышение концентрации ^{137}Cs в слоях 0-5 и 5-10 см по сравнению с 2007 годом.

При проведении коренного улучшения и внесения минерального удобрения в дозах и сочетаниях в период с 1994 по 2008 годы, выявили, что увеличению доз калийного удобрения вело к повышению удельной активности ^{137}Cs в слоях 0-5 и 5-10 см. В период с 2009 по 2015 год тенденция к миграции ^{137}Cs в верхние слои из нижних продолжилась, при этом обнаружили характерное для сочетания коренного улучшения и внесения минерального удобрения выравнивание удельной активности ^{137}Cs в корнеобитаемом слое 0-20 см.

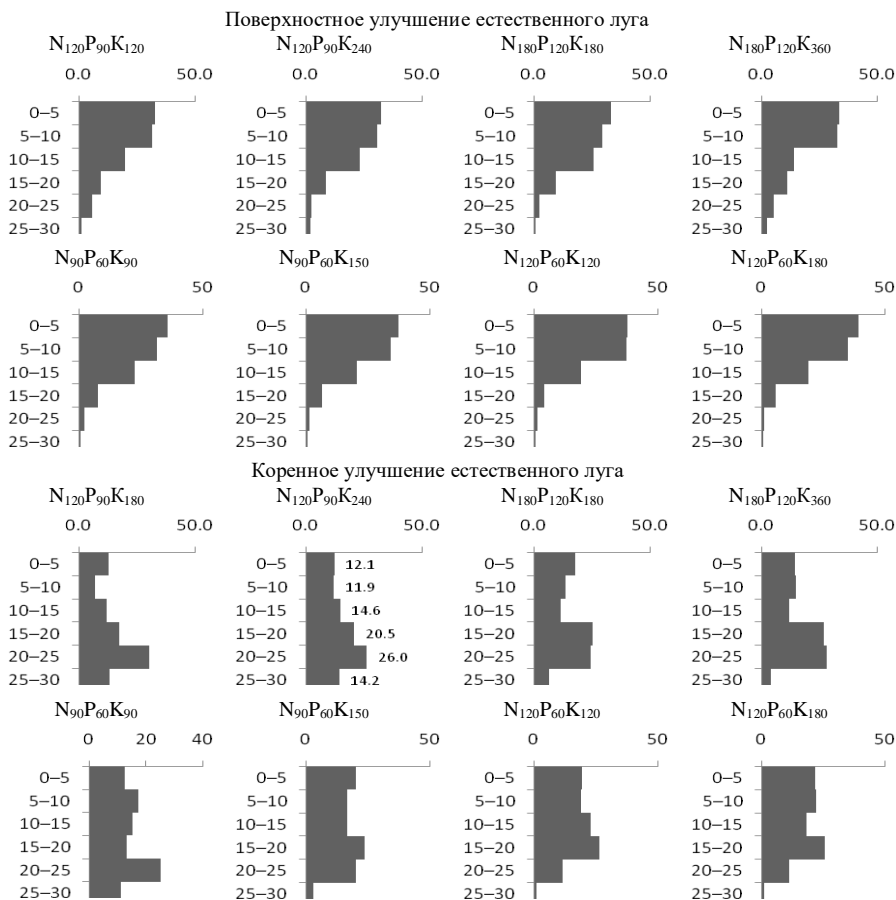


Рисунок 8 – Динамика вертикального распределения ^{137}Cs в аллювиальной почве в зависимости от агротехнических и агрохимических приемов улучшения, % от суммарной удельной активности ^{137}Cs 60-сантиметрового слоя

Мероприятия по улучшению радиоактивно загрязненных пойменных лугов снижают удельную активность ^{137}Cs аллювиальной почвы, перераспределяя радионуклид при коренном улучшении ниже корнеобитаемого слоя, что спо-

способствует снижению поглощения ^{137}Cs корнями многолетних трав, и ведет к возврату утраченных в результате аварии на ЧАЭС кормовых угодий в сельскохозяйственный оборот.

Выявленные закономерности распределения ^{137}Cs по профилю аллювиальной почвы центральной поймы р. Ипать в зависимости от периода времени прошедшего после аварии на ЧАЭС и проводимых реабилитационных мероприятий позволяют используя рекомендованные коэффициенты перехода прогнозировать уровень загрязнения радионуклидами кормов при использовании данных пойменных лугов в качестве сенокосов или пастбищ. В конечном счете, это важно при планировании мероприятий по реабилитации радиоактивно загрязненных участков.

За период с момента аварии на ЧАЭС до 2015 года суммарные запасы радионуклида в аллювиальной почве пойменного луга снизились в 2 раза, применение поверхностного и коренного улучшения совместно с внесением минерального удобрения ускорило процесс выноса ^{137}Cs из почвы, максимальное снижение его запасов по сравнению с исходным количеством достигло 3,4 раз.

Изучение распределения ^{137}Cs по профилю аллювиальной почвы центральной поймы р. Ипать выявило, что на начальном этапе исследований основная масса ^{137}Cs находилась в слое 0-5 см, однако по прошествии 21 лет произошло равномерное снижение распределения до глубины 20 см. Внесение минеральных удобрений способствовало выравниванию удельной активности ^{137}Cs в слоях 0-5 и 5-10 см, коренное и поверхностное улучшение с внесением минеральных удобрений усиливало выравнивание удельной активности ^{137}Cs в слоях 0-5, 5-10, 10-15 и 15-20 см.

Выявлена миграция ^{137}Cs в корнеобитаемый слой почвы из нижележащих слоев под действием возрастающих доз минерального удобрения.

Установили, что в начальный этап реабилитации пойменных лугов необходимо проводить коренное улучшение (применение глубокой двухъярусной вспашки), что вело к максимальному снижению удельной активности в корнеобитаемом слое.

ГЛАВА 5 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА ПОЙМЕННЫХ ЛУГАХ. Исследованиями, проведенными в условиях пойменного луга, выявлено, что увеличения эффективности минеральных удобрений на пойменном лугу используемом в качестве сенокоса или пастбища является дозы минеральных удобрений и соотношения в них элементов питания.

Наибольшая рентабельность производства грубых кормов 72% в период 2003-2008 годов на естественном лугу обеспечивается применением минерального удобрения в дозе N180P120K180 за два укоса. Снижение доз минеральных удобрений, согласно программе исследования на 2009-2014 года, в условиях пойменного луга, вело к снижению эффективности минеральных удобрений при производстве грубых кормов на пойменном лугу до 43% на варианте с внесением N120P60K180 за два укоса.

При поверхностном улучшении пойменных лугов наибольшая рентабельность производства грубых кормов 86% в период 2003-2008 годов обеспечивается применением минерального удобрения в дозе N180P120K180 за два укоса.

В период 2009-2014 годов наибольшая рентабельность производства грубых кормов 54% обеспечивается наибольшей дозой минерального удобрения N120P60K180 за два укоса.

Система удобрения, кг д.в.



Рисунок 9 – Рентабельность применения минеральных удобрений на пойменном лугу при производстве грубых кормов: а – в период 2003-2008 года, б – в период 2009-2014 года

При коренном улучшении пойменных лугов в период 2003-2008 годов наибольшая рентабельность производства грубых кормов 88% обеспечивается применением минерального удобрения в дозе N180P120K180 за два укоса.

В период 2009-2014 годов наибольшая рентабельность производства грубых кормов 57% обеспечивается наибольшей дозой минерального удобрения N120P60K180 за два укоса.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результатом исследований проведенных в период с 2003 по 2014 года на аллювиальной луговой почве центральной поймы р. Ипуть Новозыбковского района Брянской области в условиях радиоактивного загрязнения окружающей среды были установлены следующие закономерности и тенденции:

1. Минимальные колебания урожайности зеленой массы и сена естественного и сеяного травостоя в периоды с 2003 по 2008 и с 2009 по 2014 года в совокупности полученных данных зависели от агроклиматических ресурсов региона, максимальные – зависели от количества внесения доз минерального

удобрения и соотношения в них элементов питания. Основным фактором повышения урожайности зеленой массы и сена естественного и сеяного травостоя первого и второго укосов явились азотные удобрения, которые существенно увеличивали урожайность, с максимумами получения около 45 т/га зеленого корма и 12 т/га сена в сумме за два укоса при применении системы удобрения N180P120K180. Наиболее эффективной системой удобрения являлась N120P60K120, окупаемость внесенных минеральных удобрений прибавкой урожая травостоя которой составила соответственно в пределах 100-120 первого и 77-98 кг/кг д.в. второго укоса зеленой массы и 21-24 первого и 18-21 кг/кг д.в. второго укоса сена естественного и сеяного травостоя. Наблюдали аналогичные тенденции действия различных систем удобрения при одинаковом соотношении с них элементов питания и различных мероприятиях по улучшению пойменных лугов. Установили более полное использование растениями первого укоса многолетних трав минерального удобрения и почвенно-климатического потенциала территории, разница в урожайности первого и второго укосов достигала до 2 раз. Коренное улучшение в сравнении с поверхностным позволяет увеличить эффективность системы удобрения до 10%.

2. Полученные данные по урожайности, прибавки урожая, окупаемости минеральных удобрений обнаруживают, что наибольшая эффективность минеральных удобрений получена при соотношении в них азота к калию как 1 :1. При этом азотные удобрения главным образом отвечали за увеличение продуктивности лугов, что подтверждается корреляционным анализом, результаты которого свидетельствуют, что связь между урожайностью и возрастающими дозами азотного удобрения сильная и в зависимости от варианта опыта колеблется от 0,7 до 0,9, а связь между возрастающими дозами калийного удобрения и урожайностью – слабая. Аналогичные закономерности и тенденции выявлены при разных системах удобрения и мероприятиях по улучшению пойменного луга.

3. Установили тенденции к повышению среднего содержания сырого протеина до 15 и 12%, сырой клетчатки до 32 и 29 %, сырого жира до 3,9 и 3,8 % в сене первого и второго укосов при увеличении доли калийных к азотным удобрениям соответственно в полном минеральном и азотно-калийном удобрении. Аналогичные тенденции повышения были обнаружены при различных системах удобрения, предусмотренных программами исследований на 2003-2008 и 2009-2014 года.

Выявили тенденцию к снижению среднего содержания БЭВ до 40 и 46 % в сене первого и второго укосов при увеличении доли калийных к азотным удобрениям соответственно в полном минеральном и азотно-калийном удобрении. Аналогичные тенденции повышения были обнаружены при различных системах удобрения, предусмотренных программами исследований на 2003-2008 и 2009-2014 года.

Обнаружили тенденции к повышению содержания фосфора до 0,38 и 0,39 %, калия до 2,99 и 2,42 %, кальция до 0,62 и 0,57 % и к снижению магния до 0,22 и 0,22 % в сене первого и второго укосов при увеличении доли калийных к азотным удобрениям соответственно в полном минеральном и азотно-калийном удобрении. Аналогичные тенденции повышения были обнаружены при различных системах удобрения, предусмотренных программами исследований на 2003-2008 и 2009-2014 года.

4. Обнаружили высокую вариабельность загрязнения ^{137}Cs продукции кормопроизводства и животноводства в юго-западных районах Брянской области, разница между минимальными и максимальными значениями удельной активности ^{137}Cs молока и кормов превышала десятки раз. «Критические» районы юго-запада Брянской области по внутреннему облучению за счет потребления молока расположились в следующий ряд: Гордеевский, Красногорский, Клинцовский, Злынковский, Новозыбковский. Наибольшая вероятность превышения нормативов по содержанию ^{137}Cs обнаружена в личных хозяйствах, по молоку колебалась в зависимости от района от 10,0 до 45,6 %, по кормам – от 15,6 до 53,3%.

5. Оценить эффективность минеральных удобрений в снижении удельной активности ^{137}Cs зеленых и грубых кормов естественного и сеяного травостоя центрального луга реки Ипуть Нечерноземной зоны России.

Минимальные колебания удельной активности ^{137}Cs зеленой массы и сена естественного и сеяного травостоя в периоды с 2003 по 2008 и с 2009 по 2014 года в совокупности полученных данных зависели от количества внесения доз минерального удобрения и соотношения в нем элементов питания, максимальные – от плотности загрязнения ^{137}Cs территории и агроклиматических ресурсов региона. Основным фактором снижения удельной активности ^{137}Cs зеленой массы и сена естественного и сеяного травостоя первого и второго укосов явились калийные удобрения, которые существенно снижали удельную активность ^{137}Cs , с минимумами около 24 Бк/кг зеленого корма и 85 Бк/кг сена в среднем за два укоса при применении системы удобрения N180P120K360. Эффективность систем удобрения по снижению удельной активности ^{137}Cs кормов зависела от плотности загрязнения ^{137}Cs пойменного луга и соотношения в минеральном удобрении азота к калию. В период с 2003 по 2008 год уровень загрязнения был около 1221 кБк/м² наибольший эффект от минерального удобрения был получен при соотношении в нем азота к калию как 1 : 2, в период с 2009 по 2014 год уровень загрязнения был около 555 кБк/м² наибольший эффект был получен при соотношении азота к калию как 1 : 1,5. Наблюдали аналогичные тенденции действия различных систем удобрения при одинаковом соотношении с них элементов питания и различных мероприятиях по улучшению пойменных лугов. Установили, что природно-климатические условия периода от первого до второго укоса способствовали повышению удельной активности ^{137}Cs кормов второго укоса до 30%.

6. Полученные данные по удельной активности ^{137}Cs кормов в зависимости от систем удобрения выявили, что наибольшее снижение радиоактивного загрязнения получена при соотношении в них азота к калию как 1 : 2 в период с 2003 по 2008 год и 1 : 1,5 в период с 2009 по 2014 год. Установили, что азотные удобрения увеличивали удельную активность ^{137}Cs кормов, а калийные – снижали, что подтверждается корреляционным анализом, результаты которого свидетельствуют, что связь между удельной активностью ^{137}Cs кормов и возрастающими дозами азотного удобрения средняя, а связь между возрастающими дозами калийного удобрения и удельной активностью ^{137}Cs кормов – сильная. Аналогичные закономерности и тенденции выявлены при разных системах удобрения и мероприятиях по улучшению пойменного луга.

7. Внесение минерального удобрения в дозах и соотношениях предусмотренных программами исследования на период с 2003 по 2008 год и с 2009 по 2014 год на естественном и улучшенном пойменном лугу способствует сниже-

нию перехода ^{137}Cs из почвы в продукцию кормопроизводства и далее по трофической цепи. Применение минеральных удобрений позволяет адаптировать кормовые угодья для ведения животноводства в зоне радиоактивного загрязнения территории. Установлено, что при увеличении доз азотных удобрений по отношению к калийным происходит снижение агроэкологической пригодности территории. Проблему использования радиоактивно загрязненных пойменных угодий в качестве пастбищ и сенокосов можно решить путем применения агрохимических мероприятий, без которых их реабилитация невозможна.

8. Использование луга центральной поймы реки Ипать в качестве пастбища или сенокоса не изменяет агрохимические показатели плодородия аллювиальной почвы. Коренное и поверхностное улучшение с внесением минерального удобрения увеличивает содержание элементов питания в почве.

9. Реабилитация радиоактивно загрязненных пойменных лугов посредством проведения агротехнических приемов улучшения, изменяет распределения ^{137}Cs по профилю аллювиальной почвы. При этом с годами происходит постепенное выравнивание концентрации ^{137}Cs в пределах корнеобитаемого слоя. На естественном лугу более половины ^{137}Cs сосредоточено в слое 0-10 см, перемещение по профилю происходит очень медленно.

Мероприятия по улучшению радиоактивно загрязненных пойменных лугов снижают удельную активность ^{137}Cs аллювиальной почвы, перераспределяя радионуклид при коренном улучшении ниже корнеобитаемого слоя, что способствует снижению поглощения ^{137}Cs корнями многолетних трав, и ведет к возврату утраченных в результате аварии на ЧАЭС кормовых угодий в сельскохозяйственный оборот.

Суммарные запасы радионуклида в аллювиальной почве пойменного луга снизились в 2 раза, применение поверхностного и коренного улучшения совместно с внесением минерального удобрения ускорило процесс выноса ^{137}Cs из почвы, максимальное снижение его запасов по сравнению с исходным количеством достигло 3,4 раз. Выявлена миграция ^{137}Cs в корнеобитаемый слой почвы из нижележащих слоев под действием возрастающих доз минерального удобрения.

На начальном этапе реабилитации пойменных лугов необходимо проводить коренное улучшение (применение глубокой двухъярусной вспашки), что ведет к максимальному снижению удельной активности в корнеобитаемом слое.

10. Экономическая эффективность систем удобрения зависит от доз минеральных удобрений, их состава и соотношения в них азотных и калийных удобрений. Наибольшая рентабельность при производстве грубых кормов колебалась от 40 до 80 % в зависимости от приемов улучшения. Наиболее экономически эффективной системой удобрения явилась N180P120K180.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПРОИЗВОДСТВУ

На основании проведенных исследований в длительном полевом опыте на аллювиальной почве центрального луга реки Ипать, подвергшихся загрязнению радионуклидами после аварии на Чернобыльской АЭС разработаны системы удобрения, позволяющие в значительной мере повысить продуктивность луга и снизить переход ^{137}Cs в растения.

На естественных и улучшенных пойменных лугах для получения наибольшей урожайности сенокосов и пастбищ необходимо применять минеральные удобрения в дозе N180P120K180 в сумме за два укоса, для получения кормов, соответствующих ветеринарным требованиям по содержанию в них ^{137}Cs необходимо применять за два укоса системы удобрения N180P120K360 при плотности загрязнения ^{137}Cs свыше 1224 кБк/м² и N120P60K180 при плотности загрязнения ^{137}Cs свыше 555 кБк/м².

СПИСОК ОСНОВНЫХ ПУБЛИКАЦИОННЫХ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи, опубликованные в ведущих рецензируемых журналах,
рекомендуемых ВАК РФ:

1. Белоус, И.Н. Оценка коренного улучшения лугов, загрязненных ^{137}Cs / И.Н. Белоус, Д.Н. Прищеп, Ю.А. Анишина, **Е.В. Смольский** // Аграрная наука. – 2011. – № 12. – С. 11-13.
2. Белоус, И.Н. Эколого-экономическая эффективность применения минеральных удобрений на радиационно-загрязненных естественных лугах Брянской области // И.Н. Белоус, Ю.А. Анишина, Д.Н. Прищеп, **Е.В. Смольский** // Достижение науки и техники АПК. – 2011. – №12. – С. 43-46.
3. Белоус, И.Н. Эффективность улучшения природных кормовых угодий после аварии на Чернобыльской АЭС в условиях Центрального района России / И.Н. Белоус, Ю.А. Анишина, **Е.В. Смольский** // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. – 2011. – №10. – С. 28-31.
4. Белоус, И.Н. Эффективность агрохимических приемов при поверхностном улучшении естественных кормовых угодий, загрязненных ^{137}Cs / И.Н. Белоус, Е.А. Кротова, **Е.В. Смольский** // Агрохимия. – 2012. – №8. – С. 18-24.
5. Белоус, Н.М. Влияние удобрений на продуктивность и накопление радионуклидов при возделывании мятликовых трав в одновидовых посевах / Н.М. Белоус, В.Ф. Шаповалов, Н.К. Симоненко, **Е.В. Смольский** // Агрохимический вестник. – 2012. – № 5. – С. 22-24.
6. Сычев, В.Г. Влияние калийных удобрений на содержание цезия-137 в зеленой массе природных кормовых угодий при поверхностном улучшении / В.Г. Сычев, Н.М. Белоус, **Е.В. Смольский** // Плодородие. – 2012. – № 1. – С. 2-4.
7. Белоус, Н.М. Радиационная оценка применения минеральных удобрений на естественных кормовых угодьях / Н.М. Белоус, В.Ф. Шаповалов, **Е.В. Смольский**, С.Ф. Чесалин // Проблемы агрохимии и экологии. – 2013. – № 1. – С. 9-15.
8. 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. – С. 41-43.
9. Харкевич, Л.П. Воздействие агротехнических и агрохимических мероприятий на урожайность многолетних трав и плодородие почвы / Л.П. Харкевич, Н.М. Белоус, **Е.В. Смольский**, С.Ф. Чесалин // Плодородие. – 2013. – № 4. – С. 25-27.
10. **Смольский Е.В.** Минеральные удобрения как фактор адаптации сенокосов пойменных угодий, загрязненных радионуклидами, к ведению сельскохозяйственного производства / Е.В. Смольский, Н.М. Белоус // Проблемы агрохимии и экологии. – 2015. – № 3. – С. 3-8.

11. **Смольский Е.В.** Эффективность агротехнических и агрохимических приемов на загрязненных кормовых угодьях / Е.В. Смольский, А.П. Сердюков, Л.М. Батура // *Агрохимический вестник*. – 2015. – № 2. – С. 22-24.
12. **Смольский Е.В.** Эффективность мероприятий по улучшению продуктивности сенокосов / Е.В. Смольский, Л.П. Харкевич, С.Ф. Чесалин, И.А. Божин, Н.Н. Бокатуро // *Агрохимический вестник*. – 2015. – № 5. – С. 25-28.
13. **Смольский, Е.В.** Ведение лугового кормопроизводства в Российской Федерации и Республике Беларусь при радиоактивном загрязнении территорий / Е.В. Смольский, А.Г. Подоляк, И.Н. Белоус, А.Ф. Карпенко, Т.В. Дробышевская // *Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий*. – 2015. – №11. – С. 30-34.
14. Сычев, В.Г. Радиоэкологическая оценка применения минеральных удобрений при коренном улучшении пастбищ пойменных угодий // В.Г. Сычев, Н.М. Белоус, **Е.В. Смольский** // *Плодородие*. – 2015. – №3. – С. 2-5.
15. 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. Карпеченко, **Е.В. Смольский** // *Радиационная биология. Радиоэкология*. – 2016. – Том 56. – №4. – С. 405-413.
16. Белоус, Н.М. 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.
17. Белоус, Н.М. Риск получения молока и кормов не соответствующих нормативам по содержанию цезия-137 / Н.М. Белоус, И.И. Сидоров, **Е.В. Смольский**, С.Ф. Чесалин, Т.В. Дробышевская // *Достижения науки и техники АПК*. – 2016. – № 5. – С 75-77.
18. Белоус, Н.М. Роль минерального калия в снижении поступления ¹³⁷Cs 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. – Том 51, №4. – С. 543-552.
19. 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.
20. Пакшина, С.М. Количественная оценка биологического выноса ¹³⁷Cs из почвы наземной массой мятликовых трав при внесении минеральных удобрений / С.М. Пакшина, Н.М. Белоус, А.Л. Силаев, **Е.В. Смольский** // *Радиация и риск*. – 2017. – Том 26. № 4. – С. 99-110.
21. 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 // *Пермский аграрный вестник*. – 2017. – №2(18). – С. 56-62.
22. **Смольский Е.В.** Миграция ¹³⁷Cs 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. – Т.31, №1. – С. 16-18.
23. 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 // *Агрехимический вестник*. – 2017. – №3. – С. 15-18.

24. Белоус, Н.М. Продуктивность и качество сена радиоактивно загрязненного пойменного луга в отдаленный период после аварии на ЧАЭС / Н.М. Белоус, Л.П. Харкевич, **Е.В. Смольский**, Н.К. Жолудева, Д.М. Ситнов // *Агрехимический вестник*. – 2018. – №5. – С. 60-64.

25. Бокатуро, Н.Н. Эффективность защитных мероприятий при улучшении радиоактивно загрязнённых пойменных кормовых угодий в отдалённый период после аварии на ЧАЭС / Н.Н. Бокатуро, С.Н. Поцепай, Н.М. Белоус, Л.П. Харкевич, **Е.В. Смольский**, В.Ф. Шаповалов, С.А. Бельченко // *Кормопроизводство*. – 2018. – №2. – С. 11–16.

26. **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 // *Агрехимия*. – 2018. – № 1. – С. 87–96.

27. Белоус, Н.М. Вероятность получения молока и кормов, не соответствующих допустимым уровням содержания ^{137}Cs на территории юго-запада Брянской области в отдалённый период / Н.М. Белоус, П.В. Прудников, А.М. Щеглов, **Е.В. Смольский**, И.Н. Белоус, А.Л. Силаев // *Радиация и риск*. – 2019. – Том 28. № 3. – С.36-46.

28. **Смольский, Е.В.** Роль минеральных удобрений при использовании радиоактивно загрязненных пойменных лугов в качестве сенокоса / Е.В. Смольский, А.Л. Силаев, В.Е. Мамеева, К.А. Сердюкова // *Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии*. – 2019. – № 3. – С. 42-47.

Статьи, опубликованные в других изданиях

из базы Scopus и Web of Science:

29. Pakshina, S.M. Influences of technologies of cultivation of perennial bluegrass herbs on their transpiration in the conditions of water meadows / S.M. Pakshina, N.M. Belous, **E.V. Smolsky**, A.L. Silayev // *Biosystems Diversity*. – 2017. – 25(1). – P. 9-15.

30. Pakshina, S.M. Rates of ^{137}Cs leaching by various crop plants / S.M. Pakshina, N.M. Belous, V.F. Shapovalov, **E.V. Smolskiy**, D.M. Sitnov // *Ukrainian Journal of Ecology*. – 2017 – № 7(2). – 184-190.

31. Pakshina, S.M. Calculation of ^{137}Cs accumulation by phytomass of motley herbs / S.M. Pakshina, N.M. Belous, V.F. Shapovalov, S.F. Chesalin, **E.V. Smolsky**, A.L. Silaev // *International Journal of Green Pharmacy*. – 2018. – Vol. 12, № 3. – P. 704-711.

32. **Smolskii, E.V.** Green forage in radioactive flood meadows / E.V. Smolskii, A.L. Silaev, V.V. Dyachenko, M.M. Nechaev, V.E. Mameeva // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. – 2019. – № 341. – 012083.

33. Belous, N. Change in agrochemical, properties and vertical distribution of ^{137}Cs in al. luvial. soil depending on rehabilitation measures / N. Belous, **E. Smolsky**, E. Prosyannikov, L. Harkevich, G. Yagovenko // *Amazonia Investiga*. – 2019 – 8(23). – P. 767-780.

34. Белоус И.Н. Состояние естественных кормовых угодий Брянской области и радиологическая оценка приёмов их улучшения / И.Н. Белоус, **Е.В. Смольский**, Д.Н. Прищеп, Ю.А. Анишина // Агрэкологические аспекты устойчивого развития АПК на территориях загрязнённых радионуклидами: материалы международной научно-практической конференции. – Брянск, 2011. – С. 27-41.

35. Белоус, Н.М. Калийные удобрения как фактор влияния на содержание в зеленой массе многолетних трав цезия – 137 / Н.М. Белоус, Ю.А. Анишина, В.Ф. Шаповалов, **Е.В. Смольский** // Вестник Брянской ГСХА. – 2012. – № 1. – С. 54-61.

36. **Смольский Е.В.** Оценка применения минеральных удобрений на естественных кормовых угодьях / Е.В. Смольский, С.Ф. Чесалин // Молодежь и инновации – 2013: материалы международной научно-практической конференции молодых ученых. в 4-х частях / Гл. ред. А.П. Курдеко. – Ч.2. – Горки, 2013. – С. 192-195.

37. Батуру Л.П. Агрэкологические аспекты применения минеральных удобрений на радиоактивно загрязненных пойменных кормовых угодьях // Л.П. Батуру, А.П. Сердюков, Е.В. Смольский // Агрэкологические основы применения удобрений в современном земледелии. Материалы 49-й международной научной конференции молодых ученых, специалистов-агрохимиков и экологов (ВНИИА). М.: ВНИИА, 2015. – С. 10-13.

38. Белоус, Н.М. Возделывание многолетних трав на сено в условиях радиоактивного загрязнения природных кормовых угодий // Н.М. Белоус, **Е.В. Смольский**, А.П. Сердюков, Л.М. Батуру // Воспроизводство плодородия почв и их охрана в условиях современного земледелия: материалы Международной научно-практической конференции и V съезда почвоведов и агрохимиков, Минск, 22-26 июня 2015 г. в 2 ч. Ч 2. – Минск: ИВЦ Минфина, 2015. – С. 293-297.

39. Подоляк, А.Г. Приёмы эффективного использования пойменных земель Беларуси и России, загрязненных ¹³⁷Cs в результате чернобыльской катастрофы // А.Г. Подоляк, Н.М. Белоус, **Е.В. Смольский** // 30 лет после чернобыльской катастрофы. Роль Союзного государства в преодолении её последствий: материалы научно-практической конференции / Белорусская государственная сельскохозяйственная академия; редкол.: П.А. Саскевич (гл. ред.) и [и др.]. – Горки, 2015. – С. 161-165.

40. Подоляк, А.Г. Эффективность использования пойменных земель, загрязненных ¹³⁷Cs после Чернобыльской катастрофы, в Республике Беларусь и Российской Федерации / А.Г. Подоляк, А.Ф. Карпенко, **Е.В. Смольский** // Аграрная экономика. – 2015. – №12. – С. 43-49.

41. **Смольский, Е.В.** Калийные удобрения как фактор адаптации полевых кормовых угодий, загрязненных радионуклидами к ведению сельскохозяйственного производства / Е.В. Смольский // Всероссийская научно-практическая конференции с международным участием «Агротехнологии XXI века», 11-13 ноября 2015. Ч.1.: в 4 ч. / науч. редкол. Ю.Н. Зубарев [и др.]. – Пермь: Изд-во ИПЦ «Прокрость», 2015. – С. 188-190.

42. **Смольский, Е.В.** Агрэкологические аспекты использования естественных пойменных кормовых угодий // Е.В. Смольский, А.П. Сердюков //

Молодежь и инновации – 2015: материалы международной научно-практической конференции молодых ученых. в 2-х частях / Гл. ред. П.А. Саскевич. – Ч.1. – Горки, 2015. – С. 222-225.

43. Чесалин, С.Ф. Корреляционная зависимость между урожайностью, минеральными удобрениями и удельной активностью корма // С.Ф. Чесалин, **Е.В. Смольский** // Агрэкологические аспекты устойчивого развития АПК: материалы XIII международной научной конференции. – Брянск, 2016. – С. 253-257.

44. Шаповалов, В.Ф. Калийные удобрения при реабилитации радиоактивно загрязненных кормовых угодий / В.Ф. Шаповалов, **Е.В. Смольский** // Чернобыль: 30 лет спустя: материалы международной научной конференции (Гомель, 21-22 апреля 2016 г.). – Гомель: Институт радиологии, 2016. – С 380-384.

45. Белоус, И.Н. Экономическая эффективность систем удобрения при улучшении радиоактивно загрязненных естественных кормовых угодий / И.Н. Белоус, **Е.В. Смольский**, Т.В. Дробышевская // Актуальные вопросы экономики и агробизнеса: сборник статей VIII Международной научно-практической конференции (17 марта 2017 г.) в 4 ч. Ч. 1. – Брянск: изд-во Брянского ГАУ, 2017. – С. 90-93

46. Белоус, Н.М. Использование радиоактивно загрязненных естественных кормовых угодий в качестве пастбищ / Н.М. Белоус, В.Ф. Шаповалов, **Е.В. Смольский** // Экологическая, промышленная и энергетическая безопасность – 2017: сборник статей по материалам научно-практической конференции с международным участием (11– 15 сентября 2017 г.) / под ред. Ю. А. Омельчук, Н. В. Ляминой, Г. В. Кучерик. – Севастополь: СевГУ, 2017. – С.174-177.

47. Сердюков, А.П. Эффективность систем удобрения при поверхностном улучшении радиоактивно загрязненных пастбищ / А.П. Сердюков, **Е.В. Смольский**, А.Л. Силаев // Агропромышленные технологии Центральной России. – 2017. – № 1(3). – 69-77.

48. **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.

49. **Смольский, Е.В.** Зависимость урожайности и удельной активности ¹³⁷Cs зеленой массы многолетних трав от систем удобрения при коренном улучшении кормовых угодий / Е.В. Смольский, С.Ф. Чесалин, А.П. Сердюков // Принципы и технологии экологизации производства в сельском, лесном и рыбном хозяйстве: материалы 68-ой Международной научно-практической конференции, посвященной Году экологии в России (26-27 апреля 2017 г.). Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева. – Том. Часть I, 2017. – 495-500

50. **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.

51. **Смольский, Е.В.** Экономическая эффективность применения минеральных удобрений на радиоактивно загрязненных пойменных лугах / Е.В. Смольский, И.Н. Белоус // Актуальные вопросы экономики и агробизнеса:

сборник статей IX Международной научно-практической конференции (1-2 марта 2018 г., г. Брянск). В 4 ч. Ч. 1. – Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2018. – С. 370-374.

52. **Смольский, Е.В.** Анализ рисков получения продукции кормопроизводства с содержанием цезия-137 выше допустимого уровня / Е.В. Смольский, С.Ф. Чесалин // Роль аграрной науки в устойчивом развитии сельскохозяйственных территорий: Сб. III Всероссийской (национальной) научной конференции (г. Новосибирск, 20 декабря 2018 г.), Новосиб. гос. аграр. ун-т. – Новосибирск: ИЦ НГАУ «Золотой колос», 2018. – С. 402-405.

53. **Смольский, Е.В.** Изменение параметров плодородия аллювиальной почвы в зависимости от технологий возделывания многолетних трав / Е.В. Смольский // Инновационные достижения науки и техники АПК: сборник научных трудов. – Кинель: РИО СГСХА, 2018. – С 318-321.

54. **Смольский, Е.В.** Миграция цезия-137 по профилю аллювиальной почвы в отдаленный период после аварии на ЧАЭС / Е.В. Смольский, А.Л. Силаев // Аграрная наука в условиях модернизации и инновационного развития АПК России: сборник материалов Всероссийской научно-методической конференции с международным участием, посвященной 100-летию высшего аграрного образования в Ивановской области, Иваново: ФГБОУ ВО Ивановская ГСХА, - 2018. – С. 241-244.

55. **Смольский, Е.В.** Эффективность систем удобрения при улучшении естественных кормовых угодий / Е.В. Смольский, Н.Н. Бокатуро, А.Г. Агешин // Агрехимикаты в XXI веке: теория и практика применения: Материалы международной научно-практической конференции / под общ.ред. В.И. Титовой. – Н.Новгород: Нижегородская ГСХА, 2017. – С. 128-131.

56. Белоус, Н.М. Возможности использования радиоактивного загрязненного пойменного луга в отдаленный период после аварии на ЧАЭС / Н.М. Белоус, **Е.В. Смольский**, В.Ф. Шаповалов, Л.П. Харкевич, Н.Н. Бокатуро // Радиационные технологии в сельском хозяйстве и пищевой промышленности: состояние и перспективы: сборник докладов международной научно-практической конференции, Обнинск, 26-28 сентября 2018 г. Обнинск: ФГБНУ ВНИИРАЭ, 2018. – С. 323-327.

57. Белоус, Н.М. Радиационный мониторинг сельскохозяйственных угодий и агрохимические аспекты снижения загрязнения почв / Н.М. Белоус, В.Ф. Шаповалов, **Е.В. Смольский** // Агрехимия в XXI веке. Материалы Всероссийской научной конференции с международным участием, посвященной памяти академика РАН В.Г. Минеева. 27-28 сентября 2018 г. / Под редакцией Романенкова В.А. – М. 2018. – С 46-50.

58. Белоус, Н.М. Роль минеральных удобрений в кормопроизводстве в условиях радиоактивно загрязненных пойменных лугов / Н.М. Белоус, **Е.В. Смольский** // Инновационные направления в химизации земледелия и сельскохозяйственного производства: материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием и Всероссийской Школы молодых ученых, 19–21 июня 2019 г. – Белгород: ООО «Принт», 2019. – С. 25-31.

59. **Смольский, Е.В.** Вертикальное распределение ^{137}Cs в аллювиальной почве в зависимости от агротехнических мероприятий / Е.В. Смольский // Современные проблемы радиобиологии, радиэкологии и агроэкологии: сбор-

ник докладов международной молодежной конференции, Обнинск, 3-4 октября 2019 г. – Обнинск: ФГБНУ ВНИИРАЭ, 2019. – С. 204-207.

60. **Смольский, Е.В.** Динамика накопления цезия-137 многолетними травами луга центральной поймы в зависимости от применяемых защитных мероприятий / Е.В. Смольский, С.Ф. Чесалин // Приемы повышения плодородия почв и эффективности удобрения: материалы Международной научно-практической конференции, посвященной памяти ученых: Анны Ивановны Горбылевой, Юрия Павловича Сиротина и Вадима Ивановича Тюльпанова. Горки, 18–20 декабря 2018 г. В двух частях. Часть 2. / ред. кол.: Т. Ф. Персикова (отв. ред.) [и др.]. – Горки: БГСХА, 2019. – С. 168-170.

61. **Смольский, Е.В.** Минеральные удобрения и удельная активность ^{137}Cs зеленой массы естественного травостоя радиоактивно загрязненных пойменных лугов / Е.В. Смольский // Агроэкологические аспекты устойчивого развития АПК: материалы XVI Международной научной конференции. – Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2019. – С. 201-206.

62. **Смольский, Е.В.** Роль минерального удобрения в производстве грубых кормов на радиоактивно загрязненных пойменных лугах / Е.В. Смольский // Актуальные вопросы кормопроизводства. Состояние, проблемы, пути решения: сб. науч. тр. Национальной науч.- практ. конф., посвящённой памяти Заслуженного деятеля науки РФ, доктора сельскохозяйственных наук, профессора Ельчаниновой Надежды Николаевны. – Кинель: РИО Самарского ГАУ, 2019. – С 82-87.

63. **Смольский, Е.В.** Роль минеральных удобрений в производстве зеленых кормов в условиях радиоактивного загрязнения кормовых угодий лугов / Е.В. Смольский // Традиции и инновации в развитии АПК: материалы международной научно-практической конференции, 17–18 апреля 2019 г. – Великие Луки, 2019. – С. 39-45.

64. **Смольский, Е.В.** Урожайность и удельная активность ^{137}Cs сена заливного луга в обстановке радиоактивного загрязнения окружающей среды / Е.В. Смольский // Мелиорация почв для устойчивого развития сельского хозяйства. В 2 ч.: Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию со дня рождения профессора А.Ф. Тимофеева, 26-27 февраля 2019г. – Ч.2. – Киров: Вятская ГСХА, 2019. – С. 265-270.

Патент:

Белоус Н.М. Способ возделывания сельскохозяйственных культур, загрязненных радионуклидами / Н.М. Белоус, В.Ф. Шаповалов, Г.П. Малявко, В.Б. Корнев, Е.В. Смольский // Патент на изобретение № 2592901. – 2015111728; заявлено 31.03.2015; опубликовано 27.07.2016.

