

На правах рукописи



СОТНИКОВА Надежда Александровна

**ЭФФЕКТИВНОСТЬ РЕАБИЛИТАЦИОННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ НА
РАДИОАКТИВНО ЗАГРЯЗНЕННЫХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ
ТЕРРИТОРИЯХ В ОТДАЛЕННЫЙ ПЕРИОД ПОСЛЕ АВАРИИ НА
ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АЭС**

Специальность 03.01.01 – Радиобиология

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Обнинск – 2016

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном научном учреждении «Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии»

Научный руководитель: доктор биологических наук
Панов Алексей Валерьевич

Официальные оппоненты: **Прудников Пётр Витальевич**
доктор сельскохозяйственных наук,
Федеральное государственное бюджетное
учреждение «Центр химизации
и сельскохозяйственной радиологии
«Брянский», директор

Лаврентьева Галина Владимировна
кандидат биологических наук,
Калужский филиал Московского государственного
технического университета им. Н.Э. Баумана,
доцент кафедры «Промышленная экология и химия»

Ведущая организация: Республиканское научно-исследовательское
унитарное предприятие «Институт радиологии»
(Республика Беларусь, г. Гомель)

Защита состоится «___» _____ 2016 г. в ___ час. ___ мин. на заседании диссертационного совета Д 006.068.01 при Федеральном государственном бюджетном научном учреждении «Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии» по адресу: 249032, Калужская область, г. Обнинск, Киевское шоссе, 109 км, ФГБНУ ВНИИРАЭ, здание 1, к. 510.

Факс: (484) 396-80-66. Электронная почта: riraе70@gmail.com

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте ФГБНУ ВНИИРАЭ, <http://www.riraе-raas.ru/>.

Автореферат разослан «___» _____ 2016 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета



Шубина Ольга Андреевна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы (проблемы). Вследствие аварии на Чернобыльской АЭС, обширные регионы центральной части Российской Федерации, относящиеся к территориям интенсивного ведения сельскохозяйственного производства, подверглись радиоактивному загрязнению. Проблемы проживания населения и ведения хозяйственной деятельности в зоне воздействия радиационной аварии относятся к числу наиболее сложных, так как затрагивают комплекс радиологических, социальных и экономических вопросов (Алексахин, 2009). В течение 30 лет (1986-2016 гг.) проведено большое количество исследований по разработке и внедрению защитных мероприятий, направленных на реабилитацию радиоактивно загрязненных территорий, и оценке влияния различных факторов на уровень их эффективности (Алексахин, 2001; Fesenko, 2007). Значительные объемы и разнообразие проводимых реабилитационных мероприятий в сельском хозяйстве, снижение радиологической эффективности в отдаленный период после аварии на ЧАЭС, сопровождающееся увеличением затрат на их внедрение, потребовали разработки методов, позволяющих оптимизировать их использование.

Степень разработанности проблемы. В растениеводстве и кормопроизводстве для получения на радиоактивно загрязненных территориях продукции, удовлетворяющей требованиям по содержанию ^{137}Cs и ^{90}Sr , разработаны и внедрены как агротехнические, так и агрохимические приемы, которые включают: способы обработки почв, использование различных видов минеральных и органических удобрений, известкование кислых почв, применение сорбентов, комплексных удобрений и др. (Богдевич, 1992; Ратников, 1999; Жигарева, 2003; Санжарова, 2005; Путятин, 2008; Кузнецов, 2014 и др.). За прошедший после аварии на ЧАЭС период радиационная обстановка на сельскохозяйственных угодьях существенно улучшилась. Однако, оценка современной радиологической ситуации показала, что до настоящего времени в юго-западных районах Брянской области сохраняется проблема превышения радиологических нормативов содержания ^{137}Cs в части производимой сельскохозяйственной продукции (Санжарова, 2010; Титов, 2012; Шубина, 2015). В последние годы на сельскохозяйственных угодьях этих районов агроメリоранты, из-за высоких цен, применяются в ограниченных объемах,

которые не обеспечивают достаточный уровень почвенного плодородия и снижения содержания ^{137}Cs в продукции (Белоус, 2007; Прудников, 2012).

Сложившаяся радиологическая и социально-экономическая ситуация в хозяйствах пострадавших в результате аварии на Чернобыльской АЭС регионов требует решения задач по снижению содержания радионуклидов в производимой продукции до уровней, установленных санитарно-гигиеническими нормативами, и, вместе с этим, по использованию экономически оправданных для хозяйств мероприятий. Это приводит к необходимости разработки методологии и практических инструментов обоснования, а также оптимизации применения реабилитационных мероприятий при ведении сельскохозяйственного производства на радиоактивно загрязненных территориях.

Цель работы: Комплексная оценка эффективности и оптимизация применения реабилитационных мероприятий на радиоактивно загрязненных сельскохозяйственных территориях в отдаленный период после аварии на Чернобыльской АЭС.

Задачи исследования:

1. Разработка методологии радиологической и экономической оценки эффективности реабилитационных мероприятий, применяемых при ведении сельскохозяйственного производства на радиоактивно загрязненных территориях.
2. Сбор и обобщение данных по радиоэкологической эффективности применения агрохимических приемов, направленных на снижение накопления радионуклидов в продукции растениеводства и кормопроизводства.
3. Создание компьютерной системы поддержки принятия решений по обоснованию технологий ведения растениеводства, кормопроизводства и животноводства на загрязненных ^{137}Cs территориях с учетом специфики конкретных сельскохозяйственных предприятий.
4. Анализ радиоэкологической ситуации в тестовых хозяйствах юго-западных районов Брянской и южных районов Калужской области в отдаленный период после аварии на Чернобыльской АЭС и комплексная оценка радиологической и экономической эффективности реабилитационных мероприятий.

5. Оптимизация применения реабилитационных мероприятий при ведении сельскохозяйственного производства на территориях с различными уровнями радиоактивного загрязнения и характеристиками почвенного покрова.

Научная новизна: Усовершенствована методология оптимизации применения реабилитационных мероприятий на радиоактивно загрязненных сельскохозяйственных территориях в отдаленный период после аварии на Чернобыльской АЭС. Особенностью представленного методологического подхода является комплексный анализ нормативных, радиологических и экономических показателей эффективности реабилитационных мероприятий, включающий оценку величины предотвращенной коллективной дозы облучения населения и рентабельности дополнительных затрат при использовании агрохимических приемов снижения содержания ^{137}Cs в сельскохозяйственной продукции. Предложенная система критериев позволяет проводить оценку эффективности на уровне отдельного поля (участка) с детализацией параметров по группам исследуемых почв, агрохимическим характеристикам почвенного покрова и уровням загрязнения ^{137}Cs .

Теоретическая и практическая значимость работы. На основе усовершенствованной методологии выделены этапы обоснования мероприятий по реабилитации радиоактивно загрязненных территорий. Определены критерии и показатели эффективности агрохимических приемов, направленных на снижение содержания ^{137}Cs в сельскохозяйственной продукции.

Создана система поддержки принятия решений (СППР), позволяющая выполнять комплексную оценку эффективности реабилитационных мероприятий с учетом радиоэкологических, радиологических и экономических показателей, а также учитывающая нормативные требования к продукции, группу почв и уровни загрязнения ^{137}Cs сельскохозяйственных угодий.

Создана база данных (БД) по стандартным и реабилитационным технологиям ведения растениеводства и кормопроизводства на радиоактивно загрязненных территориях.

Представлена оценка современной радиоэкологической ситуации в юго-западных районах Брянской и южных районах Калужской областей. Выполнен сравнительный анализ и дано обоснование наиболее эффективных агрохимических

приемов ведения сельскохозяйственного производства в тестовых хозяйствах Брянской и Калужской области.

Результаты исследования были использованы при выполнении государственного контракта в рамках Федеральной целевой программы «Преодоление последствий радиационных аварий на период до 2015 года».

Методология и методы исследования. Методологический подход оценки эффективности реабилитационных мероприятий включал выбор критериев, создание БД по агрохимическим приемам снижения содержания радионуклидов в сельскохозяйственной продукции и разработку СППР. В исследовании использован метод многокритериального анализа эффективности реабилитационных мероприятий, а также статистические методы обработки данных.

Предмет и объект исследования. Объектом исследования являются сельскохозяйственные предприятия юго-западных районов Брянской и южных районов Калужской областей, подвергшиеся радиационному воздействию вследствие аварии на ЧАЭС. Предметом исследования являются вопросы оптимизации производства сельскохозяйственной продукции, отвечающей установленным требованиям по содержанию ^{137}Cs , на радиоактивно загрязненной территории.

Положения, выносимые на защиту:

1. Методология оптимизации ведения сельскохозяйственного производства на радиоактивно загрязненных территориях, включающая радиозэкологические, радиологические и экономические критерии оценки эффективности реабилитационных мероприятий.
2. База данных по стандартным и реабилитационным технологиям ведения растениеводства и кормопроизводства на радиоактивно загрязненных территориях.
3. Система поддержки принятия решений по обоснованию и комплексной оценке эффективности приемов ведения растениеводства, кормопроизводства и животноводства на загрязненных ^{137}Cs территориях с учетом специфики конкретных сельскохозяйственных предприятий.

4. Результаты анализа радиэкологической обстановки и оценка необходимости применения реабилитационных мероприятий в сельскохозяйственном производстве в тестовых хозяйствах Брянской и Калужской областей.
5. Комплекс агрохимических приемов снижения содержания ^{137}Cs в сельскохозяйственной продукции до уровней, установленных нормативными требованиями, получаемой на наиболее радиоактивно загрязненных сельскохозяйственных угодьях юго-западных районов Брянской и южных районов Калужской областей на различных типах почв и в широком диапазоне плотностей загрязнения радиоцезием.

Достоверность результатов. Достоверность полученных результатов подтверждается большим объемом данных по радиологическим и хозяйственным показателям эффективности внесения различных доз агроулучшителей при выращивании сельскохозяйственных культур, применением современных методов статистического анализа результатов научных исследований с привлечением средств управления данными (*СУБД Access, MS Excel, STATISTICA 8.0*).

Соответствие диссертации паспорту научной специальности. В соответствии с формулой специальности 03.01.01 «Радиобиология», охватывающей проблемы последствий ядерных катастроф и радиэкологии (п. 9), принципы и методы радиационного мониторинга, а также проблемы радиационной безопасности (п. 10), в диссертационном исследовании представлена методология комплексной оценки эффективности и рекомендации по внедрению реабилитационных технологий ведения сельскохозяйственного производства на радиоактивно загрязненных территориях в отдаленный период после аварии на Чернобыльской АЭС.

Апробация работы. Основные результаты исследований были представлены на следующих научных форумах, международных и всероссийских конференциях: Международной научной конференции «Актуальные вопросы радиационной гигиены» (Санкт-Петербург, 2012), Международной научной конференции «Глобальные экологические процессы» (Москва, 2012), X и XI Региональных научных конференциях «Техногенные системы и экологический риск» (Обнинск, 2013, 2014), 17-ой и 18-ой Международных Пущинских школах - конференциях молодых ученых «Биология – наука XXI века» (Пущино, 2013, 2014), International

Conference «Protection of soil functions – challenges for the future» (Puławy, 2013, Poland), Международной научно-практической конференции «Проблемы популяризации научных достижений почвоведения XXI века», (Санкт-Петербург, 2014), VII Съезде по радиационным исследованиям (радиобиология, радиэкология, радиационная безопасность) (Москва, 2014), XIX Международной научно-практической конференции «Преодоление последствий радиационных аварий и катастроф, снижение рисков жизнедеятельности и формирование культуры безопасности населения, проживающего на радиоактивно загрязненных территориях» (Москва, 2015), Российской научной конференции «Медико-биологические проблемы токсикологии и радиобиологии» (Санкт-Петербург, 2015).

Результаты исследования были использованы при выполнении работ, поддержанных грантами РФФИ, РГНФ и Правительства Калужской области, включая: грант РФФИ №14-48-03030 «Разработка научных подходов к обеспечению экологической безопасности сельских территорий Калужской области, пострадавших от аварии на Чернобыльской АЭС, с использованием компьютерных систем поддержки принятия решений», 2014-2015 гг.; грант РГНФ №14-12-40013 а(р) «Экономическое обоснование оптимальных реабилитационных технологий по получению экологически безопасных продуктов питания на радиоактивно загрязненных территориях (на примере хозяйств Калужской области)», 2014 г.

На созданную в рамках выполнения диссертационной работы базу данных «Стандартные и реабилитационные технологии ведения растениеводства на радиоактивно загрязненных территориях» получено свидетельство о государственной регистрации №2015620009 от 12.01.2015 г.

Личный вклад диссертанта в работу. Автор принимала непосредственное участие в постановке цели и задач, планировании данной работы, осуществляла ее организацию. Автором диссертационной работы выполнена статистическая обработка данных и проведен их анализ. Создана база данных по стандартным и реабилитационным технологиям ведения земледелия в зонах воздействия радиационных аварий. Разработана оптимальная система реабилитационных мероприятий для радиоактивно загрязненных районов Брянской и Калужской

областей. Сформулированы основные положения работы и выводы. Лично автором осуществлена подготовка публикаций по выполненной работе.

Публикации. По теме диссертации опубликовано **22** печатные работы, в том числе **5** статей – в рецензируемых журналах из перечня изданий, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ.

Структура и объем диссертации. Диссертация изложена на 171 странице машинописного текста и содержит введение, 4 главы, выводы, а также список использованной литературы, включающий 155 источников, из них 50 на иностранном языке. Диссертационная работа содержит 19 рисунков, 46 таблиц и 6 приложений.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **введении** обоснована актуальность темы диссертации, сформулированы основные цели и задачи исследования, научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы.

Глава I. Обзор литературы

На основе анализа отечественной и зарубежной литературы рассмотрена проблема загрязнения сельскохозяйственных угодий радионуклидами от аварий на ПО «Маяк» и Чернобыльской АЭС, а также локальных радиоактивных загрязнений в Российской Федерации. Представлен обзор изменений в нормировании содержания радионуклидов в сельскохозяйственной продукции на различных этапах ликвидации последствий аварии на ЧАЭС. Описаны подходы к оценке рисков превышения нормативных требований в сельскохозяйственной продукции. Приведены основные приемы снижения накопления радионуклидов в сельскохозяйственном сырье и продукции.

Глава II. Методология радиологической и экономической оценки эффективности реабилитационных мероприятий при производстве сельскохозяйственной продукции, удовлетворяющей нормативам, на радиоактивно загрязненных территориях

Методология представляет собой систему комплексного анализа и сравнения следующих критериев:

- радиозэкологические (кратность снижения удельной активности ^{137}Cs в продукции, доля продукции с превышением норматива);
- радиологические (предотвращенная коллективная доза облучения населения);

- нормативные (СанПиН 2.3.2.1078-01, СанПиН 2.3.2.2650-10 или ВП 13.5.13/06-01);
- экономические и хозяйственные (урожайность, прибавка урожая, дополнительный доход, затраты на производство продукции, затраты, связанные с технологией, прирост прибыли от реализации продукции, рентабельность дополнительных затрат);
- радиолого-экономические (стоимость предотвращенной коллективной дозы).

Обоснование и оценка радиологической и экономической эффективности реабилитационных мероприятий включает несколько последовательных многозадачных этапов:

- I.* Оценка радиологической обстановки (прогноз радиоактивного загрязнения сельскохозяйственной продукции).
- II.* Обоснование потенциально эффективных реабилитационных мероприятий, включая радиоэкологическую и экономическую оценку.
- III.* Сравнительный анализ эффективности технологий.

Концептуальная схема методологического подхода, включающая стадии формирования рекомендаций по внедрению реабилитационных технологий в сельскохозяйственное производство представлена на рисунке 1.

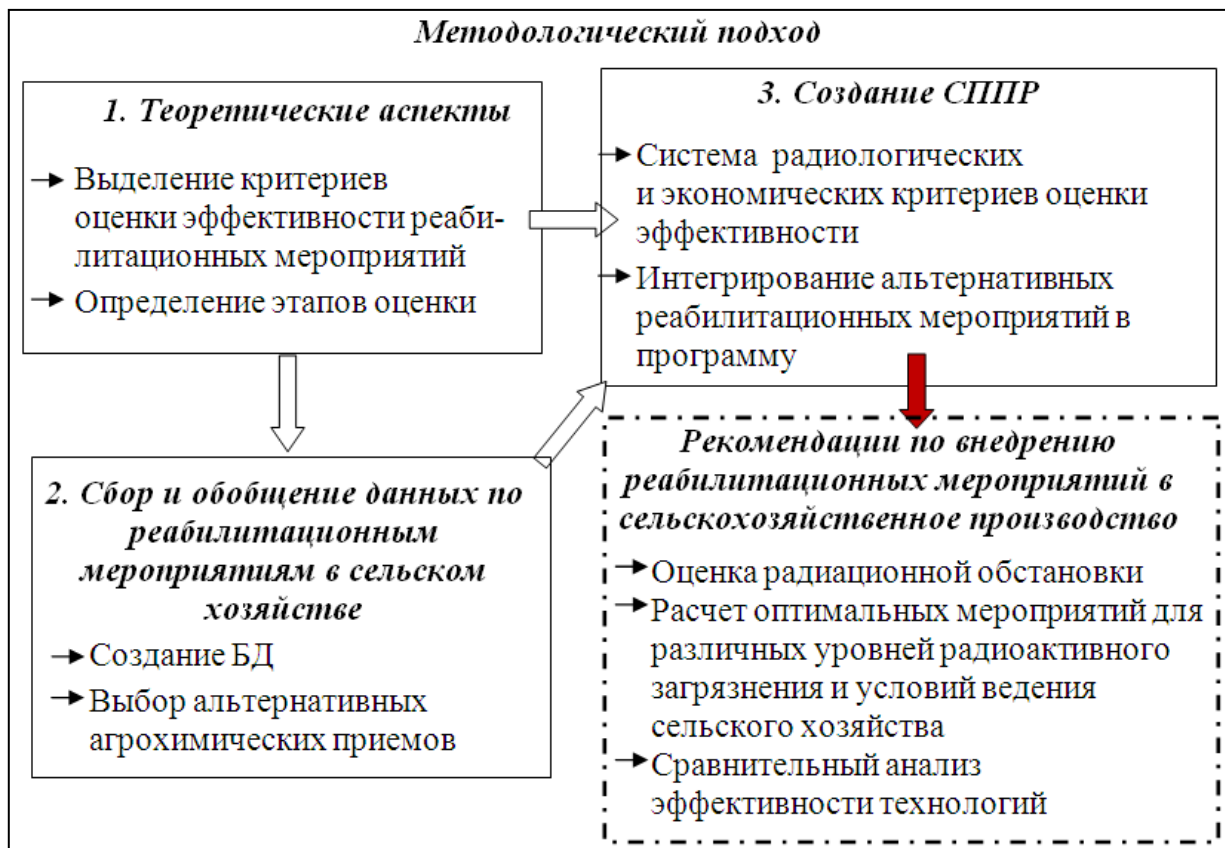


Рисунок 1 - Концептуальная схема методологического подхода

Глава III. База данных по стандартным и реабилитационным технологиям ведения растениеводства и кормопроизводства на радиоактивно загрязненных территориях

Для выявления наиболее эффективных агрохимических приемов ведения сельскохозяйственного производства на радиоактивно загрязненных территориях проведен подробный анализ информации из научной литературы, опубликованной в период 1986-2015 гг. Все собранные сведения объединены в базу данных (БД), разработанную в СУБД *MS Access* и включающую радиоэкологические и хозяйственные показатели. Объем базы данных в настоящее время составляет более 11 тыс. записей.

Собранная в базе данных информация распределена в блоках (Рисунок 2):

- 1) *место проведения исследования* – регион исследования, организация;
- 2) *параметры эксперимента* - отрасль сельскохозяйственного производства, тип и вид сельскохозяйственной продукции, сорт сельскохозяйственной культуры, год исследования, радионуклид и тип опыта;
- 3) *физико-химические характеристики почв* - тип и механический состав почвы, содержание гумуса (%), рН, гидролитическая кислотность Нг (мг-экв./100 г), подвижный фосфор и калий (мг/кг), обменный кальций (мг-экв./100 г);
- 4) *удобрения* - вид и наименование (азотные, фосфорные, калийные, органические, известь, природные глины и минералы, препараты), доза (кг/га) и объем применения (т/га);
- 5) *результаты проведения реабилитационных мероприятий* - кратность снижения содержания радионуклидов в растении (раз), увеличение продуктивности (урожайности) (раз), коэффициент накопления радионуклида ((Бк/кг)/(Бк/кг));
- 6) *литературный источник* - тип источника (журнал, диссертация, материалы конференции, монография), название и год выпуска публикации.

Форма Вход-выход Форма по запросу

Запрос данных

Место проведения исследования
 Регион:
 Место проведения исследования:

Параметры эксперимента
 Отрасль производства: Тип культуры: Вид продукции: Сорт:
 Год исследования: Радионуклид: Тип опыта: Продукция:

Физико-химические характеристики почвы
 Тип почвы: Механический состав почвы:
 Гумус, %: pH: pH(KCl): P2O5, мг/100 г: K2O, мг/100 г: Ca2+, мг-экв/100г:
 Фон: Фон, мг/100 г: Гидролитическая кислотность (Нг), мг-экв/100г:

Удобрения
 Вид удобрения: Наименование:

Доза удобрений, кг/га
 Азотные (N): Фосфорные (P): Калийные (K): Известь (Ca):
 Объем применения, т/га
 Азотные (N): Фосфорные (P): Калийные (K): Известь (Ca):
 Препараты: Органические: Природные глины:

Результаты применения удобрений
 Кратность снижения P/н, раз: Кратность увеличения урожайности, раз: Коэффициент накопления, (Бк/кг)/(Бк/кг):

Литературный источник
 Тип источника: Название (журнала): Год публикации:
 Литературный источник:

Примечания

Навигация:

Регион	Место пров	Отрасль при	Вид продук	Сорт	Радионукл	Год исслед	Тип опыта	Продукция	Тип почвы	Гумус, %
Белоруссия, Г	Эксперимент	Растениеводс	ячмень		90Sr	1998	полевой	зерно	дерново-подз	2.1
Калужская обл	ВНИИСХРАЭ	Растениеводс	ячмень ярово	Эльф	137Cs	2004	полевой	зерно	дерново-подз	1,09

Записи: 6118 из 6118 Без фильтра Поиск

Num Lock

Рисунок 2 - Окно формы «Внесение и просмотр данных»

Статистический анализ характеристик представленных в базе агрохимических приемов показал, что данные адекватно отражают известные закономерности: увеличение доз внесения калийных удобрений приводит к увеличению их радиоэкологической эффективности, увеличение доз азотных – повышению урожайности сельскохозяйственных культур. На рисунке 3 приведен пример зависимости кратности снижения содержания ^{137}Cs ($r=70\%$, $p<0.05$) и увеличения урожайности сеяных трав (сено) ($r=52\%$, $p<0.05$) от дозы внесения комплекса минеральных удобрений.

Из БД для анализа эффективности отобрано 34 агрохимических приема, направленных на производство «радиологически безопасной» сельскохозяйственной продукции (Таблица 1), для которых определялись два ключевых показателя: кратность снижения содержания ^{137}Cs в продукции (радиоэкологическая эффективность) и увеличение урожайности сельскохозяйственных культур (экономическая эффективность).

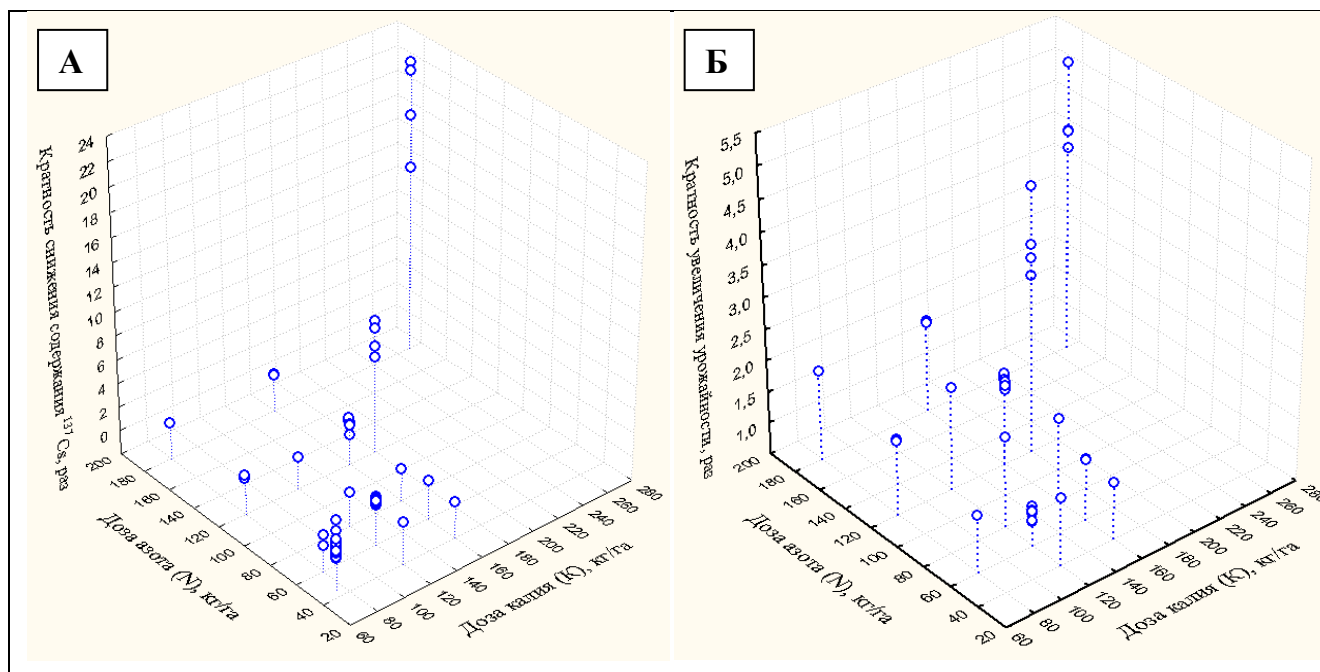


Рисунок 3 – Эффективность различных доз минеральных удобрений по снижению содержания ^{137}Cs (А) и увеличению урожайности (Б) при производстве сена на песчаных и супесчаных почвах


Комплекс анализируемых агрохимических приемов включает: известкование почв (CaCO_3) в дозе 3 т/га (кроме овощей); азотных (N_{60-336}), фосфорных (P_{60-135}) и калийных (K_{60-360}) удобрений в различных соотношениях; применение органических удобрений (навоза) в дозах от 40 до 120 т/га; сочетанное применение минеральных удобрений совместно с известкованием и внесением органики; применение новых комплексных удобрений при производстве сена (Борофоска, Супродит М). Отобранные в широком диапазоне дозы агроメリорантов и их характеристики были интегрированы в компьютерную систему поддержки принятия решений.

Таблица 1 – Обобщенные данные по радиэкологической эффективности и хозяйственным показателям различных доз агроメリорантов для различных сельскохозяйственных культур

Вид продукции	Число комбинаций доз	Кратность снижения ^{137}Cs , раз	Увеличение урожайности, раз
озимая рожь	18	1,2-2,5	1,1-3,1
ячмень	14	1,2-2,6	1,2-3,3
овес	15	1,2-3,4	1,4-2,6
картофель	15	1,1-3,0	1,1-3,2
овощи	1	1,5	1,5
трава	13	1,1-3,5	1,1-1,8
кукуруза на силос	8	1,5-2,0	1,1-1,4
сено	22	1,1-8,2	1,2-4,5

Глава IV. Комплексное радиологическое и экономическое обоснование технологий производства на радиоактивно загрязненных территориях сельскохозяйственной продукции, удовлетворяющей радиологическим нормативам

Для обоснования и оптимизации применения реабилитационных мероприятий при ведении сельскохозяйственного производства на загрязненных ^{137}Cs территориях разработана компьютерная система поддержки принятия решений «Оценка эколого-экономической эффективности реабилитационных технологий в хозяйствах, расположенных на радиоактивно загрязненных территориях» (Рисунок 4). С помощью разработанной СППР проведен анализ радиологической и экономической эффективности, и даны рекомендации по производству продукции растениеводства, кормопроизводства и животноводства в наиболее загрязненных ^{137}Cs хозяйствах Брянской и южных районов Калужской областей.

**Оценка эколого-экономической Эффективности Реабилитационных Технологий
в хозяйствах, расположенных на радиоактивно загрязненных территориях (ОЭРТ-Р)**


Система поддержки принятия решений (СППР) разработана для определения оптимальных защитных и реабилитационных мероприятий в хозяйствах коллективного сектора, расположенных на радиоактивно загрязненной территории с целью получения сельскохозяйственной продукции, отвечающей установленным радиологическим нормативам. Оценка эффективности реабилитационных технологий проводится на уровне отдельного участка (поля). СППР позволяет:

- оценить риски превышения радиологических нормативов в производимой продукции и коллективные дозы;
- выбрать оптимальные мероприятия в области ведения растениеводства, кормопроизводства, животноводства;
- оценить затраты на внедрение защитных и реабилитационных мероприятий и их экономическую эффективность.

Характеристика хозяйств

Страна:	Россия	Заполните все выделенные поля	Инструкция:
Область:	Брянская		
Район:	Клинцовский		
Хозяйство:	СХПК "Рассвет"		
ОКПО:			
		Дата:	29.01.2015

Характеристика участка

Номер севооборота:		Тип угодья:	пастбище	Отрасль производства:	кормопроизводство
Номер участка:	167				
Площадь, га:	28				
Валовой сбор, т.:		700		Вид продукции:	4. Трава
Урожайность, ц/га (продуктивность, кг(л)/год):		250			
Поголовье при ведении животноводства, гол.:		0			4
Плотность загрязнения участка Cs-137, кБк/кв.м.:		1010			
Удельная активность Cs-137 в продукции, Бк/кг(л):		472			
Тип почвы:	песчаная, супесчаная				

Анализ данных

Радиологический норматив для:	4. Трава	100	Бк/кг(л)
Превышение радиологического норматива:		4,72	раз(а)
Риск превышения нормативов:		1,00	отн. ед
Годовая коллективная доза облучения населения:		0,419	чел.-мЗв

Оценка эффективности реабилитации необходима? ДА

Если оценка эффективности реабилитации необходима, перейдите на соответствующую страницу отрасли производства

← ▶ ▶ ▶ Главная | Растениеводство | Кормопроизводство | Животноводство | Отчет | Справочник | Лист 2

Для оценки эколого-экономической эффективности реабилитационных технологий и выбора наиболее оптимального мероприятия необходимо ввести данные, характеризующие сельскохозяйственное производство на исследуемом участке сельскохозяйственных угодий. Информацию следует вносить в выделенные ячейки, следуя подсказкам к каждой из них. Если каких-либо данных нет, необходимо воспользоваться Разделом "Справочник", где расположены информационные таблицы. Далее, система проведет анализ полученных данных и выдаст ответ необходимо или нет провести оценку эффективности реабилитационных технологий. Критерием необходимости проведения такой оценки будет являться превышение радиологических нормативов в производимой сельскохозяйственной продукции или риск (вероятность) превышения норматива выше 5%. В случае, если такую оценку необходимо провести, следует перейти на соответствующую страницу отрасли производства и ввести соответствующие экономические показатели в выделенные ячейки.

Рисунок 4 - Пример блока начала работы с программой «Главная»

В Калужской области рассматривались хозяйства южных районов - Жиздринского, Ульяновского и Хвастовичского. Оценивалось потенциальное загрязнение ^{137}Cs сельскохозяйственной продукции, которая может производиться в

выделенных критических хозяйствах с максимальными уровнями загрязнения данным радионуклидом (консервативный подход) (Таблица 2).

Таблица 2 – Потенциальная удельная активность ^{137}Cs в сельскохозяйственной продукции хозяйств южных районов Калужской области с максимальными плотностями загрязнения в 2014 году, Бк/кг(л) (консервативный подход)

Вид продукции	Жиздринский			Ульяновский			Хвастовичский		
	I ¹	II ¹	III ¹	I	II	III	I	II	III
зерновые	28	11	-	32	13	-	29	12	-
картофель	14	7	-	16	8	-	15	7	-
овощи	21	14	-	24	16	-	22	15	-
з.м. трав	140 ²	84	-	160	96	-	145	87	-
кукуруза	18	14	-	21	16	-	19	15	-
сено	225	150	675	270	180	810	260	175	790
молоко	30	10	90	36	12	108	35	12	105
говядина	90	38	300	108	45	360	105	44	350

Примечание: 1 - I – песчаные, супесчаные, II – легко- и среднесуглинистые, III - торфяно-болотные почвы; 2 - темный цвет, превышение или высокий риск превышения нормативов

В таблице 2 показано, что даже при самых высоких уровнях загрязнения пашни ^{137}Cs , используемых в расчетах при консервативном подходе, содержание данного радионуклида в продукции растениеводства будет полностью соответствовать нормативам СанПиН 2.3.2.1078-01 и СанПиН 2.3.2.2650-10. Удельная активность ^{137}Cs в зерновых культурах будет от 2 до 5 раз, в овощных – от 3 до 5 раз и в картофеле – до 11 раз ниже действующих стандартов. Поэтому в южных районах Калужской области при ведении растениеводства следует вносить агроメリоранты в объемах, принятых при традиционной технологии возделывания культур в данном регионе.

Выполненные модельные расчеты по содержанию ^{137}Cs в сене и зеленой массе трав показали превышение в 1,5-3 раза уровней, установленных ВП 13.5.13/06-01, в продукции кормопроизводства, получаемой на лугопастбищных угодьях общей площадью 209 га в хозяйствах «Авангард» и «Маяк» Жиздринского, 164 га – «Мир» и «Коммунар» Ульяновского, 157 га – «Коммунар» и «Коллектив» Хвастовичского районов. Однако, как показали расчеты СППР, при использовании агроメリорантов производимая на данных участках продукция кормопроизводства будет полностью соответствовать нормативным требованиям (Таблица 3). Выбор агрохимического мероприятия при этом будет определяться высокими радиоэкологическими и экономическими показателями их применения.

Таблица 3 – Агрохимические приемы, обеспечивающее снижение содержания ^{137}Cs в продукции кормопроизводства хозяйств южных районов Калужской области

Хоз-во/ участок	Агрохимический прием	$K_{\text{сн}}$, раз	Зп, тыс. руб. (всего/на 1 га)		Зн, тыс. руб. (всего/на 1 га)		$P_{\text{н}}$ доп. заплат, %
<i>Зеленая масса многолетних сеяных трав</i>							
Мир №113	$N_{90}P_{90}K_{90}$ +навоз 40 т/га	3,5	2061,3	52,9	1690,8	43,4	14
Мир №175	$N_{90}P_{90}K_{90}$ + навоз 40 т/га	3,5	475,7	52,9	390,2	43,4	2
Коммунар №173	$N_{90}P_{90}K_{90}$ + навоз 40 т/га	3,5	531,6	31,3	511,2	30,1	-73
	$N_{90}P_{60}K_{90}$	3,0	190,8	11,2	170,4	10,0	-15
	$N_{90}P_{60}K_{120}$	2,8	222,4	13,1	202,0	11,9	-25
Коммунар №219	$N_{90}P_{90}K_{90}$ + навоз 40 т/га	3,5	312,7	31,3	300,7	30,1	-76
<i>Сено</i>							
Мир №113	$N_{60}P_{90}K_{120}$	4,3	742,8	19,0	602,4	15,4	13
	$N_{120}P_{90}K_{120}$	2,3	862,0	22,1	721,6	18,5	8
	CaCO_3 3 т/га	1,3	250,4	6,4	110,0	2,8	2
Мир №175	$N_{60}P_{90}K_{120}$	4,3	171,4	19,0	139,0	15,4	14
	$N_{120}P_{90}K_{120}$	2,3	198,9	22,1	166,5	18,5	9
Коммунар №173	$N_{60}P_{90}K_{120}$	4,3	323,8	19,0	262,6	15,4	5
	$N_{120}P_{90}K_{120}$	2,3	375,7	22,1	314,5	18,5	3
Коммунар №219	$N_{60}P_{90}K_{120}$	4,3	190,4	19,0	154,4	15,4	10
	$N_{120}P_{90}K_{120}$	2,3	221,0	22,1	185,0	18,5	6
	CaCO_3 3 т/га	1,3	64,2	6,4	28,2	2,8	5

Примечание: $K_{\text{сн}}$ – кратность снижения содержания ^{137}Cs в продукции; Зп – затраты на производство; Зн – затраты по технологии; $P_{\text{н}}$ – рентабельность дополнительных затрат

На пастбищах рассматриваемых районов, почвенный покров которых представлен песчаными, супесчаными, легко- и среднесуглинистыми почвами, получаемые от коров молоко и говядина будут полностью соответствовать нормативам СанПиН 2.3.2.1078-01 и СанПиН 2.3.2.2650-10. На песчаных и супесчаных почвах содержание ^{137}Cs в молоке будет в 3 раза, а в мясе - в 2 раза ниже действующих нормативов, на суглинистых – соответственно в 10 (молоко) и 5 (мясо) раз. При консервативном подходе к оценкам максимальное содержание ^{137}Cs в молоке и говядине при ведении животноводства на торфяно-болотных почвах будет несколько превышать нормативы. При этом наибольшие уровни загрязнения продукции животноводства данным радионуклидом будут отмечены в Ульяновском районе: превышение содержания ^{137}Cs в молоке составит 1,1 раза, а в говядине 1,8 раза (Таблица 2). Поэтому производство продукции животноводства должно сопровождаться применением ферроцинсодержащих препаратов или предубойным откормом крупного рогатого скота «чистыми» кормами.

В Брянской области для исследования были выбраны 5 тестовых хозяйств юго-западных районов. Преобладающим типом почв в исследуемых хозяйствах являются дерново-подзолистые с низким уровнем плодородия, неравномерной обеспеченностью калием и фосфором. С учетом характеристик почвенного покрова и коэффициентов перехода радионуклидов были рассчитаны плотности загрязнения сельскохозяйственных угодий, при которых возможно производство продукции растениеводства, соответствующих санитарно-гигиеническим требованиям без применения агрохимических мероприятий (Таблица 4) и потенциальная удельная активность ^{137}Cs в сельскохозяйственной продукции.

Таблица 4 – Предельно допустимые плотности загрязнения почвы ^{137}Cs , при которых возможно получение продукции, соответствующей СанПиН 2.3.2.1078-01 (с доп. и изм. №18 СанПиН 2.3.2.2650-10), Бк·кг⁻¹/кБк·м⁻²

Культура	Содержание обменного калия, мг/кг почвы			
	Менее 80	81-140	141-200	Свыше 200
<i>Дерново-подзолистая супесчаная</i>				
Овес	280	875	1166	1400
Озимая рожь	1750	2333	3500	3500
Ячмень	1000	1167	1400	2333
Картофель	-	1428	2105	2962
Свекла	-	-	2000	3200
<i>Дерново-подзолистая суглинистая</i>				
Овес	389	1166	1750	1750
Озимая рожь	2333	3500	7000	7000
Ячмень	1400	1750	1750	3500
Картофель	1142	1666	2424	3333
Свекла	-	1454	2162	3636
<i>Дерново-подзолистая песчаная</i>				
Овес	212	700	875	1000
Озимая рожь	1400	1750	2333	2333
Ячмень	777	875	1000	1750
Картофель	615	1000	1403	2000
Свекла	-	-	1333	2105

Примечание: $A_{пр} = КП \cdot Пп$, где $A_{пр}$ – удельная активность продукции, Бк/кг; КП - коэффициент перехода в продукцию ^{137}Cs (Бк/кг растений)/(кБк/м² почвы); Пп – плотность загрязнения почв, кБк/м²

Производство овощных культур и картофеля, а также зерна озимой ржи и ячменя, без применения реабилитационных мероприятий возможно при высоких плотностях загрязнения ^{137}Cs всех типов почв. Возделывание этих культур в тестовых хозяйствах Брянской области можно проводить по принятым для данной зоны технологиям, а урожай использовать без ограничений. Практически на всех пахотных

угодьях юго-западных районов Брянской области проведение реабилитационных мероприятий при выращивании зерновых культур не требуется, однако получение продовольственного зерна овса, соответствующего нормативным требованиям, ограничено на дерново-подзолистых почвах с уровнем обеспеченности калием менее 80 мг/кг (427 га супесчаных почв, 735 га суглинистых, 1794 га песчаных). На данных участках может производиться фуражное зерно и солома в соответствии с требованиями ветеринарных правил ВП 13.5.13/06-01.

Различные уровни загрязнения сенокосов и пастбищ, их почвенные характеристики, объемы и виды проведенных ранее реабилитационных мероприятий обеспечивают высокую вариабельность данных по загрязнению кормов, особенно зеленой массы трав. Модельные расчеты показывают, что получение продукции с превышением нормативов возможно при невысоких уровнях загрязнения ^{137}Cs (Таблица 5).

Таблица 5 – Расчетные предельно допустимые плотности загрязнения ^{137}Cs различных типов почв, на которых возможно получение продукции, удовлетворяющей нормативам ВП 13.5.13/06-01, Бк·кг⁻¹/кБк·м⁻²

Культура	Содержание обменного калия, мг/кг почвы			
	Менее 80	81-140	141-200	Свыше 200
<i>Дерново-подзолистая супесчаная</i>				
Кукуруза на силос	-	-	1000	1311
Сено (многолет. злак. травы)	200	285	588	727
Сено (ест. сенокосы)	127	190	-	-
З.м. (многолет. злак. травы)	232	322	666	833
З.м. (ест. сенокосы)	156	233	-	-
<i>Дерново-подзолистая суглинистая</i>				
Кукуруза на силос	-	-	1333	2000
Сено (многолет. злак. травы)	285	363	851	1000
Сено (ест. сенокосы)	192	239	-	-
З.м. (многолет. злак. травы)	323	417	1000	1250
З.м. (ест. сенокосы)	222	278	-	-
<i>Дерново-подзолистая песчаная</i>				
Кукуруза на силос	-	1142	1142	1600
Сено (многолет. злак. травы)	133	156	412	425
Сено (ест. сенокосы)	101	154	-	-
З.м. (многолет. злак. травы)	154	182	476	500
З.м. (ест. сенокосы)	120	179	-	-
<i>Торфяно-болотные (мощность торф.слоя менее 1м)</i>				
Ест. сенокосы (сено)	-	-	-	39
Ест. сенокосы з.м.	-	-	-	45

На большей части кормовых угодий тестовых хозяйств Брянской области без применения системы реабилитационных мероприятий не может быть гарантировано получение сена и зеленой массы трав, соответствующих требованиям ВП 13.5.13/06-01. При выполнении прогнозных оценок использовался консервативный подход. В таблице 6 представлена потенциальная удельная активность ^{137}Cs в продукции кормопроизводства (на примере СХПК «Комсомолец»).

Таблица 6 – Потенциальная удельная активность ^{137}Cs в сельскохозяйственной продукции СХПК «Комсомолец» Новозыбковского района Брянской области в зависимости от от уровня обеспеченности почвы обменным калием, Бк/кг

Культура	Содержание обменного калия, мг/кг почвы			
	Менее 80	81-140	141-200	Свыше 200
<i>Дерново-подзолистая супесчаная</i>				
З.м. (многолетние злаковые травы)	448	323	156	125
Кукуруза на силос	135	135	83	63
Сено (многолетние злаковые травы)	2086	1460	709	573
<i>Дерново-подзолистая суглинистая</i>				
З.м. (многолетние злаковые травы)	323	250	104	83
Кукуруза на силос	104	104	62	41
Сено (многолетние злаковые травы)	1460	1147	490	417
<i>Дерново-подзолистая песчаная</i>				
З.м. (многолетние злаковые травы)	677	573	219	208
Кукуруза на силос	135	73	73	52
Сено (многолетние злаковые травы)	3129	2711	1011	980

Примечание: расчеты проведены при средневзвешенных плотностях загрязнения ^{137}Cs сенокосов и пастбищ; серый цвет – превышение ВП 13.5.13/06-01

Данные по содержанию обменного калия в почвах исследуемого хозяйства позволили сформировать рекомендации по ведению кормопроизводства в СХПК «Комсомолец» (Таблица 7). Представленные в рекомендациях агрохимические приемы отличаются высоким уровнем рентабельности дополнительных затрат на их применение – от 20 до 80%. Величина рентабельности зависит от индивидуальных хозяйственных показателей каждого сельскохозяйственного участка и является корректным экономическим критерием сравнения эффективности реабилитационных мероприятий.

Организация кормовой базы на радиоактивно загрязненных территориях определяет переход ^{137}Cs в продукцию животноводства. При выпасе коров на лугопастбищных угодьях с песчаным и супесчаным почвенным покровом, по

консервативным оценкам с использованием максимальных коэффициентов перехода, содержание ^{137}Cs в получаемых молоке и мясе будет превышать нормативные требования в 2 и 4 раза.

Таблица 7 – Рекомендации по применению агрохимических приемов получения сельскохозяйственной продукции, соответствующей нормативным требованиям на различных типах почв

Культура	Содержание обменного калия, мг/кг почвы			
	Менее 80	81-140	141-200	Свыше 200
<i>Дерново-подзолистая супесчаная</i>				
З.м. (многолетние злаковые травы)	-	$\text{N}_{90}\text{P}_{90}\text{K}_{90}$ +навоз 40 т/га	CaCO_3 3 т/га	$\text{N}_{60}\text{P}_{60}\text{K}_{60}$
Кукуруза на силос	$\text{N}_{120}\text{P}_{60}\text{K}_{120}$		-	
Сено (многолетние злаковые травы)	$\text{N}_{120}\text{P}_{90}\text{K}_{240}$	$\text{N}_{60}\text{P}_{90}\text{K}_{120}$	$\text{N}_{60}\text{P}_{90}\text{K}_{120}$	$\text{N}_{90}\text{P}_{90}\text{K}_{90}$ + CaCO_3 3 т/га
<i>Дерново-подзолистая суглинистая</i>				
З.м. (многолетние злаковые травы)	$\text{N}_{90}\text{P}_{90}\text{K}_{90}$ +навоз 40 т/га	$\text{N}_{90}\text{P}_{60}\text{K}_{90}$	$\text{N}_{60}\text{P}_{60}\text{K}_{60}$	-
Кукуруза на силос	$\text{N}_{120}\text{P}_{60}\text{K}_{120}$	$\text{N}_{60}\text{P}_{60}\text{K}_{60}$		
Сено (многолетние злаковые травы)	-	$\text{N}_{60}\text{P}_{90}\text{K}_{120}$	$\text{N}_{60}\text{P}_{60}\text{K}_{60}$ + CaCO_3 3 т/га	-

Включение в рацион питания КРС ФСП снизит удельную активность ^{137}Cs в продукции животноводства до уровней, предусмотренных действующими стандартами, при высоких значениях рентабельности дополнительных затрат (Таблица 8).

Таблица 8 – Эффективные мероприятия, позволяющие получать продукцию животноводства, соответствующую нормативным требованиям (на примере СХПК «Комсомолец»)

Вид продукции	Вариант производства			Ксн ^{137}Cs , раз	Р _н доп. затрат, %		
	ФСП, кг/доза	Комбикорм, кг/доза	«Чистые» корма, кг/сут.		I ¹	II ¹	III ¹
молоко	0,006	0,400	-	5	90	93	-
мясо	0,006	0,400	-	4	61	76	-
	-	-	17	100 ²	82	82	82

Примечание: I - I – песчаные, супесчаные, II – легкосуглинистые, III – торфяно-болотные почвы; 2 - при продолжительности предубойного периода 90 сут.

ВЫВОДЫ

1. Разработана методология оптимизации применения реабилитационных мероприятий при ведении сельскохозяйственного производства на радиоактивно загрязненных территориях, основанная на многокритериальном анализе

радиоэкологических, радиологических и экономических показателей эффективности, учитывающая нормативные требования к продукции, уровень загрязнения ^{137}Cs сельскохозяйственных угодий, свойств почв и особенностей производства.

2. Создана база данных по стандартным и реабилитационным технологиям ведения растениеводства и кормопроизводства на радиоактивно загрязненных территориях, содержащая более 11 тыс. записей. На основе обобщенных в БД результатов научных исследований (1986-2015 гг.) выделено 34 эффективных агрохимических приема, включающие широкий диапазон доз азотных, фосфорных, калийных, органических удобрений, а также известкования почв и направленные на снижение перехода ^{137}Cs в сельскохозяйственную продукцию.
3. Создана СППР по обоснованию технологий ведения растениеводства, кормопроизводства и животноводства на загрязненных ^{137}Cs территориях, учитывающая специфику сельскохозяйственных предприятий, с возможностью детализации оценки эффективности на уровне отдельного поля (участка) по характеристикам почвенного покрова и уровням загрязнения ^{137}Cs .
4. На основе анализа современной радиоэкологической ситуации в хозяйствах Брянской и Калужской области выделены тестовые хозяйства юго-западных районов Брянской области, в которых сохраняется проблема превышения нормативных требований по содержанию ^{137}Cs в части производимой сельскохозяйственной продукции. Выделены также участки тестовых хозяйств южных районов Калужской области, в которых наблюдается превышение ВП 13.5.13/06-01 в зеленой массе сеяных трав и сене. Показано, что в отдаленный период после аварии на Чернобыльской АЭС производство кормов и организация кормовой базы на радиоактивно загрязненных территориях является «критическим» звеном сельскохозяйственного производства, требующим применения реабилитационных мероприятий.
5. С использованием разработанной СППР даны рекомендации по организации ведения растениеводства, кормопроизводства и животноводства в загрязненных ^{137}Cs хозяйствах Брянской и Калужской области, учитывающие кратности снижения ^{137}Cs в сельскохозяйственной продукции и рентабельность

дополнительных затрат при внедрении реабилитационных технологий. Показано, что рентабельность дополнительных затрат является наиболее информативным экономическим показателем для сравнения и отбора эффективных реабилитационных мероприятий на радиоактивно загрязненных территориях.

6. На основе разработанной СППР и интегрированных в нее характеристик реабилитационных технологий разработан комплекс оптимальных реабилитационных мероприятий для тестовых хозяйств юго-западных районов Брянской и южных районов Калужской областей, загрязненных ^{137}Cs в результате аварии на Чернобыльской АЭС.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

В изданиях, рекомендованных ВАК РФ:

1. Панов, А.В. Оптимизация защитных мероприятий по реабилитации сельских территорий, подвергшихся воздействию от аварии на Чернобыльской АЭС / А.В. Панов, Н.А. Сотникова, Ю.А. Рыбалко // Вестник РАЕН. – 2014. – №1. – С. 68-77.
2. Сотникова, Н.А. База данных по технологиям ведения растениеводства на радиоактивно загрязненных территориях / Н.А. Сотникова, А.В. Панов, Д.Н. Курбаков // Агрехимический Вестник. – 2015. – №2. – С. 15–18.
3. Панов, А.В. Оценка эколого-экономической эффективности реабилитационных технологий на радиоактивно загрязненных сельскохозяйственных угодьях / А.В. Панов, Н.А. Сотникова // Экономика сельского хозяйства России. – 2015. – №2. – С. 50-60.
4. Сотникова, Н.А. Агрехимические технологии ведения кормопроизводства на радиоактивно загрязненных территориях / Н.А. Сотникова, А.В. Панов, Д.Н. Курбаков // Кормопроизводство. – 2015. – №8. – С. 44-48.
5. Сотникова, Н.А. Обоснование реабилитации радиоактивно загрязненных сельскохозяйственных угодий / Н.А. Сотникова, А.В. Панов // Радиация и Риск. – 2015. – №3. – С. 71-83.

В других изданиях:

6. Панов, А.В. Методические аспекты радиолого-экономической оценки эффективности реабилитационных технологий при производстве сельскохозяйственной продукции на радиоактивно загрязненных территориях / А.В. Панов, Н.А. Сотникова // Сборник тезисов Международной научной конференции «Актуальные вопросы радиационной гигиены». – СПб, 2012. – С. 125-128.
7. Панов, А.В. Разработка компьютерного модуля оценки эколого-экономической эффективности технологий ведения сельскохозяйственного производства на

- территориях, загрязненных радионуклидами / А.В. Панов, Н.А. Сотникова // *Материалы Международной научной конференции «Глобальные экологические процессы»*. – Москва, 2012. – С. 341-347.
8. Сотникова, Н.А. Создание базы данных реабилитационных технологий по снижению накопления радионуклидов в продукции растениеводства на радиоактивно загрязненных территориях / Н.А. Сотникова, А.В. Панов // *Материалы докладов X Региональной научной конференции «Техногенные системы и экологический риск»*. – Обнинск, 2013.– С. 45-47.
 9. Сотникова, Н.А. Разработка базы данных по эффективности реабилитационных технологий при производстве сельскохозяйственной продукции на радиоактивно загрязненных территориях / Н.А. Сотникова, А.В. Панов // *Сборник тезисов «Биология-наука XXI века» 17ой Международной Пущинской конференции молодых ученых*. – Пущино, 2013. – С. 310-311.
 10. Sotnikova, N.A. The development of database of standard and rehabilitation technologies of plant growing on the areas with radioactive contaminations, which includes radiological, agricultural and economic indicators / N.A. Sotnikova, A.V. Panov // *Conference materials of International Conference «Protection of soil functions - challenges for the future»*. – Puławy, Poland, 2013.– P. 268-270.
 11. Сотникова, Н.А. Сбор и обобщение информации о реабилитационных технологиях по снижению накопления радионуклидов в продукции растениеводства на радиоактивно загрязненных территориях / Н.А. Сотникова, А.В. Панов // *Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук*. – 2013. – № 12 (59). – Ч. III. – С. 74-75.
 12. Сотникова, Н.А. База данных по реабилитационным технологиям снижения накопления радионуклидов в сельскохозяйственной продукции / Н.А. Сотникова, А.В. Панов // *Сборник тезисов «Биология – наука XXI века» 18ой Международной Пущинской конференции молодых ученых*. – Пущино, 2014. – С. 308.
 13. Сотникова, Н.А. Обобщение накопленного опыта по реабилитации техногенно загрязненных сельскохозяйственных угодий с использованием современных программных продуктов / Н.А. Сотникова // *Сб. науч. докл. Материалы по изучению русских почв*. – СПб.: Изд-во С.-Петербург. Ун-та, 2014. – Вып. 8 (35). – С. 103-105.
 14. Сотникова, Н.А. Обзор накопленной в базе данных информации по снижению перехода радионуклидов в растениеводческую продукцию при внедрении реабилитационных технологий / Н.А. Сотникова, А.В. Панов // *Материалы докладов XI Региональной научной конференции «Техногенные системы и экологический риск»*. – Обнинск, 2014. – С. 73-75.
 15. Сотникова, Н.А. База данных по стандартным и реабилитационным технологиям ведения растениеводства на радиоактивно загрязненных территориях. Руководство пользователя. ISBN 978-5-903386-37-6 / Н.А. Сотникова, А.В. Панов,

- Д.Н. Курбаков, Е.В. Марочкина. – Обнинск, ВНИИСХРАЭ, 2014. – 43 с.
16. Сотникова, Н.А. Стандартные и реабилитационные технологии ведения растениеводства на радиоактивно загрязненных территориях / Н.А. Сотникова, Д.Н. Курбаков, А.В. Панов, Е.В. Гордиенко // Свидетельство о государственной регистрации базы данных №2015620009 от 12.01.2015 г.
 17. Сотникова, Н.А. Эколого-экономическое обоснование оптимальных реабилитационных технологий на радиоактивно загрязненных сельскохозяйственных угодьях / Н.А. Сотникова, А.В. Панов // Тезисы докладов VII съезда по радиационным исследованиям (радиобиология, радиэкология, радиационная безопасность). – Москва: РУДН, 2014. – С. 334.
 18. Сотникова, Н.А. Система поддержки принятия решений при ведении сельскохозяйственного производства на радиоактивно загрязненных территориях / Н.А. Сотникова, А.В. Панов // Тезисы докладов Российской научной конференции с международным участием «Медико-биологические проблемы токсикологии и радиобиологии». – СПб:Фолиант, 2015. – 264 с.
 19. Сотникова, Н.А. К вопросу оценки эколого-экономической эффективности реабилитации радиоактивно загрязненных сельскохозяйственных угодий / Н.А. Сотникова, А.В. Панов // Сборник докладов Международной научно-практической конференции «Преодоление последствий радиационных аварий и катастроф, снижение рисков жизнедеятельности и формирование культуры безопасности населения, проживающего на радиоактивно загрязненных территориях». – М., 2015. – С. 38-40.
 20. Панов, А.В. Экономическое обоснование оптимальных реабилитационных технологий по получению экологически безопасных продуктов питания на радиоактивно загрязненных территориях (на примере хозяйств Калужской области) / А.В. Панов, Н.А. Сотникова, Е.И. Карпенко, О.В. Лой, Ю.А. Рыбалко, В.В. Пономаренко // Труды регионального конкурса научных проектов в области гуманитарных наук. Выпуск – 15. – Калуга: ГАОУ ДПО «КГИРО», 2015. – С. 84-94.
 21. Панов А.В. Разработка научных подходов к обеспечению экологической безопасности сельских территорий Калужской области, пострадавших от аварии на Чернобыльской АЭС, с использованием компьютерных систем поддержки принятия решений / А.В. Панов, Е.И. Карпенко, И.Е. Титов, Е.Г. Иванова, Н.А. Сотникова, В.В. Пономаренко // Труды регионального конкурса проектов фундаментальных научных исследований. Выпуск 20. – Калуга: ГАОУ ДПО «КГИРО», 2015. – С. 272-286.
 22. Сотникова, Н.А. База данных по стандартным и реабилитационным технологиям ведения кормопроизводства на радиоактивно загрязненных территориях. Руководство пользователя. ISBN 978-5-903386-40-6 / Н.А. Сотникова, А.В. Панов, Д.Н. Курбаков, О.В. Лой. – Обнинск, ФГБНУ ВНИИРАЭ, 2015. – 32 с.