

Учреждение образования
«Гомельский государственный университет
имени Франциска Скорины»

А. Г. ПОДОЛЯК
А. В. КРУК
А. Ф. КАРПЕНКО

**ЭКОЛОГИЗАЦИЯ РАСТЕНИЕВОДСТВА
НА ТЕРРИТОРИИ
РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ**

Гомель
ГГУ им. Ф. Скорины
2020

УДК 574:633/.635:504.5:628.4.047(476.2)

Подоляк, А. Г.

Экологизация растениеводства на территории радиоактивного загрязнения / А. Г. Подоляк, А. В. Крук, А. Ф. Карпенко ; Гомельский гос. ун-т им. Ф. Скорины. – Гомель : ГГУ им. Ф. Скорины, 2020. – 334 с. – ISBN 978-985-577-644-5

В монографии рассматриваются результаты постчернобыльских исследований миграции радионуклидов чернобыльского происхождения цезия-137 и стронция-90 в биологическом звене «почва – сельскохозяйственные растения». Представлены параметры перехода радионуклидов в урожай сельскохозяйственных культур в зависимости от биологических особенностей культур, системы применения удобрений.

Предназначается для научных работников, аспирантов, магистрантов, студентов, специалистов сельского хозяйства и всех, кто интересуется вопросами экологии, радиобиологии, радиационной защиты, экологизации окружающей среды.

Табл. 140. Рис. 11. Библиогр. 226 назв.

Рекомендовано к изданию научно-техническим советом
учреждения образования
«Гомельский государственный университет
имени Франциска Скорины»

Рецензенты:

доктор сельскохозяйственных наук,
профессор Т. Ф. Персикова,
кандидат сельскохозяйственных наук Н. А. Лебедев

ISBN 978-985-577-644-5

© Подоляк А. Г., Крук А. В.,
Карпенко А. Ф., 2020

© Учреждение образования «Гомельский
государственный университет

ОГЛ ИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
ГЛАВА 1. ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ	8
1.1. Параметры биологической доступности почвенного вещества.....	8
1.2. Прогнозирование перемещения радионуклидов в сельскохозяйственной цепи миграции.....	11
1.3. Определение участков загрязненных радионуклидами низкоплодородных земель под залесение.....	16
ГЛАВА 2. ОБРАБОТКА ПОЧВЫ И ВНЕСЕНИЕ УДОБРЕНИЙ НА ПАШНЕ	23
2.1. Ресурсосберегающая обработка почв.....	23
2.2. Применение органических удобрений.....	37
2.3. Применение минеральных удобрений.....	55
2.3.1. Дозы известковых, фосфорных и калийных удобрений.....	55
2.3.2. Применение азотных удобрений.....	58
2.3.2.1. Влияние доз и сроков внесения азотных удобрений на поступление ¹³⁷ Cs в растения при разных уровнях калийного питания.....	59
2.3.2.2. Влияние форм азотных удобрений на поступление ¹³⁷ Cs в растения.....	68
2.3.2.3. Экономическая эффективность доз и сроков внесения азотных удобрений.....	73
2.4. Микроудобрения.....	76
ГЛАВА 3. ПРОИЗВОДСТВО ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР.....	80
3.1. Использование районированных сортов зерновых культур.....	80
3.1.1. Получение нормативно чистого зерна овса различной степени плёнчатости на загрязнённых радионуклидами землях.....	100
3.2. Возделывание кукурузы.....	106
ГЛАВА 4. ПРОИЗВОДСТВО БОБОВЫХ И ЗЕРНОБОБОВЫХ КУЛЬТУР.....	124
4.1. Особенности культур и технологий их производства.....	124
4.2. Возделывание клевера.....	152
4.3. Возделывание лядвенца рогатого и галеги восточной.....	180
4.4. Возделывание донника белого и эспарцета на зеленую массу...	204
ГЛАВА 5. ПРОИЗВОДСТВО КОРМОВ.....	220
5.1. Оптимизация состава однолетних бобово-злаковых смесей	

на дерново-подзолистых супесчаных почвах.....	220
5.2. Использование в схеме зелёного конвейера пайзы, сорго, могоара, чумизы, суданской травы и сорго-суданкового гибрида....	232
5.3. Оптимизация структуры посевных площадей в сельскохозяйственных организациях с высоким удельным весом торфяных почв, загрязненных радионуклидами.....	245
ГЛАВА 6. ОСОБЕННОСТИ ЛУГОВОГО КОРМОПРОИЗВОДСТВА.	267
6.1. Улучшение суходольных и низинных лугов.....	267
6.2. Использование загрязненных радионуклидами пойменных земель.....	297
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	312
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	314

ВВЕДЕНИЕ

В дочернобыльское время важнейшими загрязняющими веществами природной среды в Республике Беларусь являлись, главным образом, пыль, угарный и углекислый газы, оксиды серы и азота, углеводороды. Радионуклиды рассматривались в меньшей степени. Чернобыльская катастрофа существенным образом изменила экологическую ситуацию во многих агроэкосистемах Беларуси, загрязнение радионуклидами охватило значительные площади территории. В выбросах из разрушенного 4 энергоблока ЧАЭС содержались радиоактивные продукты деления и трансурановые элементы – всего около 200 радиоизотопов с разными периодами полураспада: от нескольких часов и менее до сотен тысяч лет. Из долгоживущих радионуклидов наибольшей значимостью обладают цезий-137 и стронций-90, негативное воздействие которых на население продолжается по сей день. Территории с наиболее высокими значениями плотности загрязнения данными радионуклидами сосредоточены преимущественно в Беларуси.

Почва является основным приемщиком радиоактивных осадков и их хранилищем. Радиоактивные частицы, т. е. содержащие радиоактивные вещества, попав на поверхность почвы, со временем (под воздействием воды, кислорода воздуха, деятельности почвенной микрофлоры) разрушаются; вещества, содержащиеся в них, в том числе и радиоактивные, погружаются вглубь, в зону размещения корневой системы растений. Вместе с грунтовым раствором они через корни поступают в растения, где и накапливаются.

В результате появления радионуклидов техногенного происхождения в системе «почва – растение» в концентрациях, значительно превышающих природные нормы, привело к изменению химического состава почв.

Растения являются основным переносчиком радиоактивных веществ из почвы в продукцию растениеводства и далее – в организмы сельскохозяйственных животных и человека.

Радиоактивное загрязнение почв влечет за собой значительные проблемы в сельском хозяйстве, связанные прежде всего с приемлемым качеством производимых продуктов питания. Значительно пострадали и почвы природных экосистем. Физико-химическое состояние радионуклидов в почве, и в первую очередь количество их мобильных форм, является определяющим фактором в процессах ми-

грации радиоактивных веществ в почвенном профиле и по трофическим цепям.

На загрязненных территориях особенно остро встала проблема экологической безопасности окружающей среды, экологически безопасного природопользования. В послеаварийный период основной задачей сельскохозяйственного производства на загрязненных радионуклидами землях явилось снижение дозовых нагрузок на население, обусловленных внутренним облучением, путем производства сельскохозяйственной продукции с допустимым содержанием радионуклидов. Поэтому с целью создания необходимой научной базы, для оценки возможностей безопасной хозяйственной деятельности, прежде всего в сельском хозяйстве, на территории радиоактивного загрязнения в 1986 году был открыт РНИУП «Институт радиологии». Одна из актуальных задач научного учреждения – разработка системы эффективных мероприятий, направленная на снижение поступления радионуклидов в урожай сельскохозяйственных культур.

После катастрофы на ЧАЭС уже прошло более тридцати лет. За это время уровни радиоактивного излучения, вследствие естественного распада радионуклидов, а также проведения защитных мероприятий в аграрной сфере, снизились в сотни раз. Часть ранее загрязненных площадей земель стала безопасной для хозяйственной деятельности, и они опять вовлечены в использование. По мере того как радиологическая обстановка с течением времени будет улучшаться, следует ожидать возврата в оборот всё новых земель, которые должны работать на экономику страны.

Известно, что в Беларуси в настоящее время реализуется пятилетняя государственная программа развития аграрного бизнеса. Особый акцент в ней сделан на повышении доходности хозяйств, формировании эффективного собственника, создании условий и основ аграрного бизнеса. Если в начале 2000-х приоритетной задачей было восстановление аграрной отрасли, то сейчас, когда продовольственная безопасность Беларуси обеспечивается в полной мере, перед аграриями поставлены новые задачи, связанные с качественными преобразованиями, в том числе и на загрязненных землях.

В условиях ужесточения конкуренции на продовольственном рынке на первый план выходит повышение эффективности сельскохозяйственного производства, конкурентоспособности сельхозпродукции и продуктов питания, для этого и разработана программа развития аграрного бизнеса,

Приоритетные направления программы — кормопроизводство, селекция и семеноводство, производство продукции растениеводства,

техническое переоснащение, сохранение и использование мелиорированных земель; молочное и мясное скотоводство, рыбоводство, племенное дело, структурные преобразования; развитие малых форм хозяйствования.

Предусматривается создание условий для развития аграрного бизнеса, сокращения материальных и трудовых затрат, снижения себестоимости. Есть также ожидания по реформированию убыточных, устойчиво неплатежеспособных сельскохозяйственных организаций, их финансовому оздоровлению (санации).

Выполнение положений документа способствует насыщению внутреннего продовольственного рынка отечественными товарами в необходимом объеме и качестве, увеличит экспорт сельхозпродукции, повысит доходность предприятий и работников.

Решение поставленных задач невозможно без проведения комплекса мероприятий по радиоэкологизации земледелия на территории радиоактивного загрязнения. В этой связи очевидно, что вопросы изучения миграции радионуклидов в звене «почва – растения» и блокировка их перемещения в растения остаются главной задачей радиоэкологической науки.

Радионуклиды цезий-137 и стронций-90 являются долгоживущими, их периоды полураспада составляют около 30 лет. Основная часть этих радионуклидов до настоящего времени находится в верхних, корнеобитаемых слоях почвы. Влиять на снижение содержания радионуклидов в продуктах питания можно на трех этапах: 1 – почва – растение; 2 – корм – животное; 3 – доработка и переработка сельскохозяйственного сырья. Ключевым в трофической цепи является звено «почва – растение». Контрмеры, применяемые на данном этапе, являются наиболее рациональными и оправданными.

В монографии представлены результаты исследований авторов, научные данные других источников по миграции цезия-137 и стронция-90 в биологическом звене «почва – сельскохозяйственные растения», проводимых в рамках Государственной программы по преодолению последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС на 2011–2015 годы и на период до 2020 года. В монографии приведены обобщенные данные многолетних исследований сотрудников лаборатории радиоэкологии торфяных почв, лаборатории агроэкологии, лаборатории прогнозирования поведения радионуклидов и химических веществ в экосистемах РНИУП «Институт радиологии», а также сотрудников его бывших филиалов – Брестского и Могилёвского.

Авторский коллектив выражает благодарность сотрудникам института за их научный поиск и неустанный труд по решению пробле-

мы экологизации земледелия на радиационно-загрязненных сельскохозяйственных землях.

ГЛАВА 1

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ

1.1. Параметры биологической доступности почвенного вещества

Параметрами биологической доступности почвенного вещества (в том числе и радиоактивных изотопов различных элементов) являются величины, непосредственно измеряемые или рассчитанные на основе непосредственных измерений содержания радионуклидов в почвенной среде и в растениях, берущих питание из этой среды.

Для практических целей различают *абсолютные* и *относительные* параметры биологической доступности. К первым относятся параметры, оценивающие суммарное количество биологически доступного компонента в почве. К числу таких параметров можно с определенной долей достоверности относить, например, содержание подвижного калия в почве.

К относительным параметрам биологической доступности относятся все коэффициенты перехода компонентов из почвы в растения. Очевидным недостатком этой формы оценки биологической доступности почвенного вещества является система расчета коэффициентов перехода: они рассчитываются как отношение содержания компонента в растении к его валовому содержанию в почве. Следовательно, оценивается не доля биологически доступного компонента, поступающего в растения, а только доля от его валового содержания в почве. Такие относительные параметры оценивают не биологическую доступность почвенного вещества (т. е. не способность химических компонентов), а способность растений поглощать и накапливать биологически доступное вещество. Они дают возможность сравнивать различные виды растений по этой способности, что также оказывается весьма полезным для решения задач радиозологии, но не дают представления о содержании биологического вещества в почве. Очевидно, что в этом случае для разных видов растений, даже если они произрастают вместе, оценки биологической доступности могут существенно различаться.

В этой связи более правильной может быть оценка коэффициентов перехода, основанная на отношении содержания компонента в растениях к содержанию его биологически доступных форм в почве.

Поэтому многие исследователи предлагают использовать в качестве основного показателя биологической доступности радионуклидов отношение содержания радионуклида в водорастворимой и обменной формах к его общему содержанию в почве. Однако и оно является относительной оценкой биологической доступности, так как не существует однозначных доказательств того, что биологически доступным является только та часть компонента, которая находится в почве в обменном и в водорастворимом состоянии в почве.

Данная система параметров является в известной мере умозрительной, поскольку до настоящего времени остается неясным, каким образом можно определить абсолютное содержание биологически доступного почвенного вещества. Из различных методик почвенных тестов, предлагавшихся различными авторами, чаще всего используются те, которые основаны на применении специфических комплексообразователей или на кислотной экстракции исследуемого элемента. В поисках универсального экстрагирующего реагента для оценки доступности микрокомпонентов питания при почвенных тестах был выполнен большой объем работ. Существует множество обзоров химических тестов для определения водорастворимых, кислоторастворимых, способных к обмену комплексных или хелатных форм микроэлементов в почвах. Однако любой экстракционный метод дает всего лишь эмпирическую информацию и возможности ее использования в оценке абсолютной биологической доступности, зависящей от интерпретации этой информации. Такая интерпретация – нелёгкая проблема, и в настоящее время можно только констатировать, что результаты оценки биологической доступности с помощью экстракционных методов могут давать достоверную информацию только для конкретных систем почва – растение. Тем не менее подобные методы широко применяются в практике с разной степенью успеха.

Задачи интерпретации результатов определения абсолютной биологической доступности с помощью экстракционных методов несколько облегчаются в случае, если имеется возможность верифицировать эти результаты. Одним из путей такой верификации является определение корреляционных зависимостей между содержаниями компонента в растениях и параметрами, с помощью которых мы пытаемся оценить биологическую доступность. Такая верификация была выполнена в отношении биологической доступности калия для растений (многолетних злаковых трав), произрастающих на торфяных почвах. Установлено, что между оценкой абсолютной биологической доступности калия, основанной на применении метода Кирсанова, и содержанием калия в растениях существует статистически достоверная

корреляционная связь, аппроксимируемая экспоненциальной функцией ($R^2 = 0,8$). Это дает основание полагать, что определение подвижного калия методом Кирсанова представляет собой статистически достоверную оценку суммарного содержания биологически доступного калия в торфяных почвах, и, следовательно, эту оценку можно рассматривать как абсолютный параметр биологической доступности. Отметим, что в отношении биологической доступности радионуклидов в настоящее время используются только относительные параметры оценки, основанные на коэффициентах перехода из почвы в растения.

Исследование сущности биологической доступности почвенного вещества, почвенно-химических процессов и механизмов, регулирующих способность почвенного вещества поглощаться растениями, параметров этого поглощения, имеет особое значение для предсказания уровней накопления радионуклидов растительной биомассой. Эта задача в современных условиях, при широком развитии атомной энергетики и предприятий по переработке радиоактивных материалов, не теряет своей актуальности.

Для количественной оценки биологической доступности радионуклидов в международной практике принято использовать различные параметры, из которых наиболее распространены: коэффициент накопления (K_n) – отношение активности радионуклида к единице массы растений и почвы; коэффициент перехода (K_p) – отношение удельной активности радионуклидов в растениях к плотности загрязнения почвы на единицу площади. В зависимости от сочетания различных факторов параметры перехода радионуклидов могут изменяться в широких пределах. Высокая вариабельность данных определяет необходимость группировки основных факторов, влияющих на миграцию радионуклидов. В международной базе данных TRS 472 для характеристики перехода радионуклидов из почвы в растения используются в качестве количественных параметров – коэффициенты накопления. Для систематизации данных в TRS 472 почвы объединены в четыре группы, при этом минеральные почвы разделены на три группы по гранулометрическому составу: SAND – песчаные и супесчаные, LOAM – суглинистые, CLAY – глинистые, в первую очередь по содержанию илистой фракции, определяющей сорбционную способность. Органические почвы выделены в одну самостоятельную группу ORGANIC, так как они характеризуются специфическими свойствами, определяющими повышенную подвижность в них радионуклидов – кислотность почвенного раствора, содержание и состав органического вещества. Выделено также 14 групп растений

с учетом видовых особенностей, хозяйственного использования, а также вклада в рацион питания населения. Радиологическая практика в Республике Беларусь более широко применяет другой параметр – коэффициент перехода, который используется для прогноза загрязнения растениеводческой продукции в руководствах и рекомендациях по ведению агропромышленного производства в условиях радиоактивного загрязнения земель.

1.2. Прогнозирование перемещения радионуклидов в сельскохозяйственной цепи миграции

Потребление сельскохозяйственной продукции с содержанием радиоактивных веществ было и остается одним из основных источников облучения населения. На всех этапах поставарийного периода вклад внутреннего облучения населения, проживающего на этих территориях, связанного с потреблением загрязненных пищевых продуктов, составлял 50 % и более от суммарной годовой дозы.

В настоящее время хозяйственная деятельность на загрязненных территориях регламентируется следующими законами Республики Беларусь:

– Закон Республики Беларусь от 5 января 1998 года «О радиационной безопасности населения» в редакции Закона Республики Беларусь от 6 ноября 2008 года (Национальный реестр правовых актов Республики Беларусь, 2008 г., № 266, 2/1537; Ведамасці Вярхоўнага Савета Рэспублікі Беларусь, 1998 г., № 5, ст. 25);

– Закон Республики Беларусь от 6 января 2009 года «О социальной защите граждан, пострадавших от катастрофы на Чернобыльской АЭС, других радиационных аварий» в редакции Закона Республики Беларусь от 27 декабря 2010 года (Национальный реестр правовых актов Республики Беларусь, 2011 г., № 4, 2/1776);

– Закон Республики Беларусь от 12 ноября 1991 года «О правовом режиме территорий, подвергшихся радиоактивному загрязнению в результате катастрофы на Чернобыльской АЭС» в редакции Закона Республики Беларусь от 28 декабря 2009 года (Национальный реестр правовых актов Республики Беларусь, 2010 г., № 6, 2/1648; Ведамасці Вярхоўнага Савета Рэспублікі Беларусь, 1991 г., № 35, ст. 622);

– Закон Республики Беларусь от 23 ноября 1993 года «О санитарно-эпидемическом благополучии населения» в редакции Закона Республики Беларусь от 28 декабря 2009 года (Национальный реестр

правовых актов Республики Беларусь, 2010 г., № 5, 2/1630; Ведамасці Вярхоўнага Савета Рэспублікі Беларусь, 1993 г., № 36, ст. 451).

Указами, декретами и поручениями Президента Республики Беларусь, постановлениями Совета Министров Республики Беларусь, касающимися вопросов преодоления последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС и изданными в развитие указанных выше законов.

При реализации мероприятий по радиационной защите населения на территории радиоактивного загрязнения требуется обеспечивать снижение дозового предела до уровня невмешательства (в соответствии с законом Республики Беларусь – 0,1 мЗв/год).

Следовательно, вся растениеводческая и животноводческая продукция, произведенная на загрязненных радионуклидами землях и используемая для продовольственных целей, переработки и реализации на внутреннем и внешнем рынках Республики Беларусь, должна соответствовать нормативам, установленным техническими регламентами и международными договорами.

В настоящее время в Республике Беларусь в отношении сельскохозяйственной продукции действуют следующие нормативы содержания радионуклидов:

ГН 10-117-99 «Республиканские допустимые уровни содержания радионуклидов цезия-137 и стронция-90 в пищевых продуктах и питьевой воде (РДУ-99) (Национальный реестр правовых актов Республики Беларусь от 30.04.1999 №8/309);

Ветеринарно-санитарные правила обеспечения безопасности кормов. Кормовых добавок и сырья для производства комбикормов (Допустимые уровни содержания цезия -137 и стронция -90 в кормах, кормовых добавках и сырье для производства комбикормов) (Постановление Минсельхозпрода от 10.02.2011 №10).

Для получения сельскохозяйственной продукции с допустимым содержанием радионуклидов и обеспечения радиационной безопасности работающих на загрязненных радионуклидами землях, проводятся защитные мероприятия (контрмеры), которые подразделяют на следующие группы: организационные, агротехнические, агрохимические, зооветеринарные, технологические, санитарно-гигиенические, информационные. Целесообразность проведения большинства этих мер основывается на прогнозировании включения радионуклидов в цепи миграции, первоначальным звеном которых является почва.

В отдаленный период после аварии радиоактивное загрязнение сельскохозяйственной продукции формируется в основном за счёт

корневого поступления радионуклидов в продукцию растениеводства и далее в животноводческую продукцию. Установлено, что при одинаковой плотности загрязнения почв цезием-137 и стронция-90 поступление стронция-90 из почв в растения в среднем в 10 раз выше, чем цезия-137. Накопление радионуклидов в урожае сельскохозяйственных культур зависит от плотности загрязнения, типа, гранулометрического состава и агрохимических свойств почв, биологических особенностей культур.

К одной из особенностей ведения сельскохозяйственного производства на загрязненной территории относится необходимость прогнозирования содержания радионуклидов в получаемой продукции. Во время построения прогноза удельного содержания цезия-137 и стронция-90 в сельскохозяйственной продукции используется следующая информация:

- средняя плотность загрязнения элементарных участков сельскохозяйственных земель цезием-137 и стронцием-90 ($\text{Ки}/\text{км}^2$) по данным последнего тура радиологического обследования сельскохозяйственных земель;

- тип почвы и ее гранулометрический состав, величина обменной кислотности и содержание подвижного калия по данным последнего тура агрохимического обследования сельскохозяйственных земель;

- коэффициенты перехода (Кп , $\text{Бк}/\text{кг}$: $\text{кБк}/\text{м}^2$) радионуклидов в основную и побочную продукцию сельскохозяйственных культур;

- перечень планируемых для возделывания сельскохозяйственных культур (на продовольственные цели, технические цели, сырьё на переработку, корма);

- виды и половозрастные группы сельскохозяйственных животных;

- типы рационов кормления сельскохозяйственных животных;

- технологии содержания сельскохозяйственных животных;

- коэффициенты перехода радионуклидов из суточного рациона в продукцию животноводства (в % на 1 кг продукта).

Прогноз загрязнения радионуклидами продукции растениеводства позволяет заблаговременно планировать набор культур для возделывания на загрязненных радионуклидами землях, размещение их по полям севооборотов и отдельным участкам с учетом различного использования получаемой продукции (продукты питания, фураж, промышленная переработка и др.).

Расчет уровня загрязнения продукции растениеводства производится по формуле:

$$УА = 37 \times П \times Кп ,$$

где УА – удельная активность сельскохозяйственной продукции, Бк/кг;

П – плотность загрязнения почвы радионуклидом, Ки/км²;

Кп – коэффициент перехода радионуклида из почвы в сельскохозяйственные культуры, (Бк/кг:кБк/м²);

37 – коэффициент пересчета в Бк.

Значения коэффициентов перехода радионуклидов из почвы в сельскохозяйственные культуры изменяются со временем, в зависимости от процессов фиксации и выщелачивания цезия-137 и стронция-90 в почве. Благодаря данным процессам только в период с 2000 по 2010 год коэффициенты перехода цезия-137 снизились на 5–20 % (на 5 % – на торфяных, на 17–20 % – на дерново-подзолистых почвах). За этот же период концентрации цезия-137 в сельскохозяйственной продукции за счёт радиоактивного распада уменьшились на 17 %, а в целом, с учётом как процессов радиоактивного распада, так и необратимой фиксации цезия-137 в почве, на 22–37 %.

Показатели коэффициентов перехода стронция-90 снижаются с течением времени на порядок более медленно, чем коэффициенты перехода цезия-137. Не ожидается статистически значимых их изменений в ближайшие годы, поэтому при построении прогнозов на ближайшие пять лет значения коэффициентов перехода считаются практически постоянными (не зависящими от времени).

Переход радионуклидов из кормов в продукцию животноводства зависит от уровня и полноценности кормления животных, сбалансированности рационов кормления животных по основным минеральным элементам питания, возраста животных, физиологического состояния, продуктивности. Для получения молока и мяса, соответствующих нормативным требованиям по содержанию радионуклидов, корма для молочного скота и молодняка на заключительной стадии откорма должны выращиваться на улучшенных сенокосах и пастбищах или пашне.

В достаточно большом количестве исследований установлено, что с увеличением содержания клетчатки в рационе с 1,5 до 3,6 кг/сутки отмечается уменьшение коэффициента перехода цезия-137 в молоко (КП (%) = Бк/л : Бк/рацион) с 0,9 до 0,3. Аналогичная закономерность наблюдается для содержания стронция-90 в молоке коров – при увеличении содержания сырой клетчатки в рационах со злаковыми травами с 4,8 до 5,7 кг коэффициенты перехода стронция-90 в молоко снижаются в 1,8 раза.

При несбалансированных рационах в стойловый период может наблюдаться повышение перехода из рациона в молоко коров цезия-137 до 1,1 % и стронция-90 до 0,8 %.

Прогноз радиоактивного загрязнения животноводческой продукции рассчитывается на основе данных о загрязнении компонентов рациона (отдельных видов кормов – сено, сенаж, силос и т.д.).

Нормирование кормов и рационов основывается на предельно допустимых уровнях (ПДУ) содержания цезия-137 и стронция-90 в суточном рационе и отдельных видах кормов. При расчетах в этом случае принимаются две величины – принятое общее суточное поступление (кБк/сутки цезия-137 и стронция-90) и содержание их в отдельных компонентах рациона.

Согласно требованиям РДУ-99, содержание цезия-137 в молоке и пищевой цельномолочной продукции не должно превышать 100 Бк/л, стронция-90 – 3,7 Бк/л. В Республике Беларусь принято консервативное значение коэффициента перехода цезия-137, равное 1 %, стронция-90 – 0,14 %. Взяв эти значения за основу, можно рассчитать ПДУ радионуклидов в рационе КРС. Допустимые уровни содержания радионуклида в рационе определяются из соотношения:

$$ПДУ = \frac{РДУ \times 100\%}{КП},$$

или

$$ПДУ = \frac{100 \times 100\%}{1\%},$$

где ПДУ равен 10 000 Бк/рацион (≈ 10 кБк/рацион для производства молока).

Предельно допустимое содержание стронция-90 в суточном рационе КРС для производства молока, рассчитанное таким же образом, составляет 2,6 кБк/рацион.

Значения коэффициентов перехода могут варьировать в зависимости от различных факторов, однако при расчетах предлагается использовать средние значения коэффициентов перехода из рациона в молоко – 0,5 % и 0,8 % для цезия-137 (стойловый и пастбищный период, соответственно), и 0,24 % для стронция-90. Коэффициент перехода цезия-137 в мясо крупного рогатого скота составляет 4 %. Переход стронция-90 в мясо незначителен, и его содержание в данной продукции в Республике Беларусь не нормируется.

При прогнозировании исходят из того, что неопределённость (коэффициент вариации для 95 % меры надёжности) прогноза загрязнения растениеводческой продукции цезием-137 составляет около 50 %, а стронцием-90 – около 70 % .

Неопределённость прогноза радиоактивного загрязнения животноводческой продукции в основном связана с неопределённостью прогноза удельного содержания цезия-137 и стронция-90 в компонентах рациона, а также с соблюдением технологий производства молока и мясной продукции. Вклад физиологических особенностей животных в неопределённость прогноза при промышленном производстве относительно невелик, он учтён в коэффициентах перехода радионуклидов из рациона в молоко и мясо и составляет 10–30 %.

Прогнозирование радиоактивного загрязнения сельскохозяйственной продукции рассматривается практически во всех рекомендациях радиологов и Министерства сельского хозяйства и продовольствия республики с учётом последних исследований и новых данных. Среди них основными можно назвать «Рекомендации по ведению сельскохозяйственного производства в условиях радиоактивного загрязнения земель Республики Беларусь на 2012–2016 годы» (Минск, 2012), «Прогноз содержания ^{90}Sr в основных полевых культурах» (2003) и др.

1.3. Определение участков загрязнённых радионуклидами низкоплодородных земель под залесение

Известно, что почвы сельскохозяйственных угодий наиболее загрязнённых радионуклидами областей Республики Беларусь характеризуются различным плодородием в зависимости от их типовой принадлежности и имеют различную балльную оценку по оценочной шкале. Среди них преобладают дерново-подзолистые автоморфные почвы (42,3 % – в Гомельской, 55,2 % – в Могилевской области), плодородие которых во многом зависит от их гранулометрического состава. Дерново-подзолистые заболоченные почвы (35,8 % и 42,6 %) и дерновые заболоченные (6,8 % и 0,9 %, соответственно) менее плодородны в связи с неудовлетворительными агропроизводственными свойствами и нуждаются в регулировании водно-воздушного режима. Осушенные торфяно-болотные почвы (8,1 % – в Гомельской, 0,6 % – в Могилевской области) обладают высоким плодородием, однако вследствие их деградации и вторичного заболачивания территорий, их плодородие может снижаться.

Для минимизации последствий радиоактивного загрязнения сельскохозяйственных угодий Республики Беларусь после катастрофы на ЧАЭС был разработан и применяется комплекс агрометеорологических мероприятий, которые позволяют снизить концентрацию радионуклидов в сельскохозяйственной продукции. С течением времени после аварии и улучшением радиологической обстановки усиливается значимость экономического обоснования защитных мер. Они должны быть направлены как на уменьшение поступления радионуклидов в продукты питания, так и на снижение себестоимости и повышение качества продукции. На загрязненных территориях также актуальны проблемы рационального использования и охраны земельных ресурсов.

В Беларуси в 1986–1991 гг. из состава сельскохозяйственных земель были выведены земли, вошедшие в 30-километровую зону отчуждения и загрязненные ^{137}Cs более 40 Ки/км^2 , а также земли с более низкой плотностью загрязнения, на которых невозможно производство продукции с допустимыми уровнями содержания ^{137}Cs и ^{90}Sr . Их площадь составила 216,3 тыс. га в Гомельской и 47,0 тыс. га в Могилевской области (таблица 1.1).

Несмотря на изъятие из сельскохозяйственного использования данных земель на территории радиоактивного загрязнения продолжалось использование загрязненных низкоплодородных угодий, характеризующихся высокой степенью перехода радионуклидов в растения и требующих значительных затрат на проведение защитных мер.

Таблица 1.1 – Сведения о землях, выведенных из сельскохозяйственного использования за послеаварийный период (1986–1991 гг.) в связи с загрязнением радионуклидами (на 13.05.2005)

Показатели	Исключено всего, тыс. га	В том числе, тыс. га	
		пашня + многолетние насаждения	кормовые угодья
Всего сельхозугодий в т. ч. по областям:	263,4	82,6	180,8
Брестская	0,1	0,1	-
Гомельская	216,3	68,6	147,7
Могилевская	47,0	13,9	33,1

Передано в госземзапас 47,4 тыс. га (Гомельская – 2,3 тыс. га, Могилевская – 45,1 тыс. га).

Наличие на балансе землепользователей земель с низким уровнем плодородия оказывало отрицательное влияние на экономику хозяйств. Поэтому передача этих земель в другие виды использования могло, как

способствовать улучшению экономической ситуации в хозяйствах, так и уменьшить объемы продукции с превышением допустимых уровней.

В 2001–2002 гг. в Республике Беларусь Комитетом по земельным ресурсам, геодезии и картографии совместно с районными исполнительными и распорядительными органами были подготовлены предложения по оптимизации сельскохозяйственного землепользования с использованием данных **кадастровой оценки земель**. Все сельскохозяйственные земли по показателям нормативного чистого дохода на 1 га земель были распределены на 7 групп по степени благоприятности для земледелия: *1 – наиболее благоприятные; 2 – благоприятные; 3 – хорошие; 4 – удовлетворительные; 5 – неудовлетворительные; 6 – плохие; 7 – самые плохие*. Участки, имеющие отрицательный нормативный чистый доход (группы 5–7), было предложено исключать из состава сельскохозяйственных земель и репрофилировать в другие виды использования.

В тот период всего из состава обрабатываемых земель было намечено репрофилировать 791,3 тыс. га пахотных, сенокосных и пастбищных земель коренного улучшения, из них под залесение – 136,8 тыс. га, в том числе в Гомельской области – 31,4 тыс. га и в Могилевской – 19,7 тыс. га.

После изъятия из сельскохозяйственного использования радиационно-опасных земель (1986–1991 гг.) и проведения работ по оптимизации землепользования (2001–2002 гг.) на загрязненных радионуклидами территориях продолжалось использование значительных площадей низкоплодородных песчаных, заболоченных и эродированных земель, что приводило к производству сельскохозяйственной продукции с превышением допустимых уровней содержания радионуклидов. Площадь песчаных почв, используемых в сельскохозяйственном производстве в Гомельской области, составила 593,2 тыс. га или 46,9 %, в Могилевской области – 109,6 тыс. га или 8,8 %, из них загрязненных радионуклидами ^{137}Cs более 5 Ки/км² и ^{90}Sr более 0,15 Ки/км², соответственно, около 160 тыс. га и 9 тыс. га.

Из-за отсутствия ухода и ремонтных работ часть мелиоративных систем вышло из строя, что способствовало вторичному заболачиванию территории и увеличению подвижности радионуклидов, содержащихся в почвах. В результате образовались довольно значительные площади вторично-заболоченных почв на территориях, загрязненных радионуклидами.

К этому следует добавить, что значительное влияние, как на плодородие, так и на перераспределение радиоактивного загрязнения, оказывает эрозия почв. Площадь пахотных земель, подверженных эрозии в Гомельской области, была установлена в количестве 30,2 тыс. га (из них водная – 9,9, ветровая – 19,5, намывные почвы – 0,8 тыс. га), в Могилевской области – 97,4 тыс. га (из них водная эрозия – 77,2, ветровая – 2,2, намывные почвы – 18,0 тыс. га).

Анализ состояния сельскохозяйственных земель, требующих изменения использования, показал, что общая площадь низкоплодородных дерново-подзолистых автоморфных почв на мощных песках, глееватых и глеевых неосушенных, а также средне- и сильно эродированных почв с плотностью загрязнения ^{137}Cs более 5 Ки/км^2 и ^{90}Sr более $0,15 \text{ Ки/км}^2$ составляет около 27 тыс. га по Гомельской и около 6 тыс. га по Могилевской области.

Всё это поспособствовало тому, что возникла необходимость в продолжении ранее проведенных работ по оптимизации землепользования с учетом не только результатов кадастровой оценки, но и радиологического обследования.

Оптимальным вариантом дальнейшего использования изъятых земель являлось создание на них лесных насаждений путем искусственного и естественного лесоразведения. Во-первых, при формировании леса в почве происходит естественное накопление минеральных и органических веществ, улучшается почвенная фауна, снижается интенсивность процессов водной и ветровой эрозии, что предохраняет почвы от деградации. Во-вторых, по достижении древесиной возраста спелости она может быть использована для хозяйственных целей.

В связи с необходимостью проведения работ по оптимизации землепользования сотрудниками РУП «Институт почвоведения и агрохимии НАН Беларуси» были разработаны «Методические указания по определению участков загрязненных радионуклидами низкоплодородных земель под залесение» (Богдевич И. М., Подоляк А. Г. и др., 2005). В методических указаниях даны критерии и порядок определения участков для изъятия из сельскохозяйственного использования загрязненных радионуклидами низкоплодородных земель, на которых экономически нецелесообразно проведение защитных мероприятий для производства сельскохозяйственной продукции с допустимыми уровнями содержания радионуклидов.

При решении об изъятии из сельскохозяйственного использования низкоплодородных земель и передаче их под залесение было предложено принимать во внимание следующие основные критерии:

- плотность радиоактивного загрязнения почв;
- генетическое плодородие почв;
- содержание радионуклидов в сельскохозяйственной продукции;
- экономическая целесообразность проведения защитных мероприятий.

На основании кадастровой оценки изъятие загрязненных земель из состава сельскохозяйственных и передача под залесение могут осуществляться при плотности загрязнения ^{137}Cs более 5 Ки/км^2 и ^{90}Sr более $0,15 \text{ Ки/км}^2$ песчаных, заболоченных и эродированных почв, генетическое плодородие которых оценивается по шкале оценочных баллов в 31 и менее – для пахотных земель, менее 20 баллов – для улучшенных сенокосных и пастбищных земель и менее 10 баллов – для естественных сенокосных и пастбищных земель. Загрязненные радионуклидами земли, оцениваемые ниже указанных баллов по оценочной шкале, использовать в сельскохозяйственном обороте невыгодно. Например, на пахотных землях при таком уровне генетического плодородия затраты на проведение агромерелиоративных мероприятий не окупаются полученным урожаем, который составляет, по многолетним опытным данным, 15–16 ц/га зерна. Для получения сельскохозяйственной продукции с допустимыми уровнями содержания радионуклидов требуются дополнительные затраты на известкование, внесение высоких доз органических и фосфорно-калийных удобрений.

Во время принятия решения об использовании низкоплодородных земель на планируемых для передачи под залесение участках также оцениваются возможности получения сельскохозяйственной продукции, удовлетворяющей допустимым уровням содержания радионуклидов. Возможности получения в пределах нормативов продукции устанавливаются путём прогнозирования загрязнения урожая и направлений его использования. При прогнозировании рекомендуется использовать коэффициенты пропорциональности радионуклидов для основной и побочной сельскохозяйственной продукции, результатов радиологического и агрохимического обследования почв. Значения Кп для различных почв и культур, видов продукции и кормов имеются в «Рекомендациях по ведению сельскохозяйственного производства в условиях

радиоактивного загрязнения земель Республики Беларусь» (2012), которые периодически издаются в помощь специалистам сельскохозяйственного производства. Эти же рекомендации используются для оценки возможности производства сельскохозяйственного сырья и кормов, продуктов питания с допустимыми уровнями содержания радионуклидов на низкоплодородных песчаных и заболоченных почвах.

При этом следует учитывать, что при плотности загрязнения низкоплодородных песчаных почв ^{137}Cs более 5 Ки/км^2 продукция ряда сельскохозяйственных культур может быть непригодной для продовольственных целей. Например, корма, произведенные на торфяно-болотных почвах с содержанием подвижного калия менее 250 мг/кг , как на естественных, так и на улучшенных сенокосных и пастбищных землях, загрязненных ^{137}Cs более 5 Ки/км^2 , не соответствуют РДУ в сельскохозяйственном сырье и кормах для производства цельного молока и мяса. Даже при относительно невысоких уровнях загрязнения ^{90}Sr ($0,15 \text{ Ки/км}^2$) на дерново-подзолистых низкоплодородных песчаных почвах, без проведения защитных мероприятий, ограничиваются возможности производства продовольственного зерна овса, ячменя, столового картофеля.

Авторами в методических указаниях по определению участков загрязненных радионуклидами низкоплодородных земель под залесение подчеркивается, что для получения нормативной продукции на территориях, загрязненных радионуклидами, требуется учитывать почвенные условия: тип почвы, гранулометрический состав, степень увлажнения. Для этих целей, на основании имеющихся данных по накоплению радионуклидов растениями, разработана таблица (шкала) сравнительной пригодности почв для возделывания сельскохозяйственных культур в загрязненной зоне. В шкале все почвы, встречающиеся на территориях, загрязненных радионуклидами, по их свойствам и плодородию объединены в 9 агропроизводственных групп, по которым для различных уровней загрязнения ($0-1$, $1-5$, $5-15$, $15-40 \text{ Ки/км}^2$ ^{137}Cs) даётся оценка пригодности почв для возделывания 14 сельскохозяйственных культур или групп культур с указанием степеней пригодности (наиболее пригодные, пригодные, малопригодные и непригодные). Эта шкала касается, в основном, пахотных земель. Она позволяет определить, пригодны или непригодны почвы каждого конкретного поля для возделывания той или иной сельскохозяйственной культуры, а также установить набор культур в севообороте,

которые можно возделывать на данном поле и получать продукцию с допустимым содержанием радионуклидов.

В общем итоге, возможность передачи под залесение сельскохозяйственных эрозионных земель устанавливается с учётом шкалы оценочных баллов и поправочных коэффициентов на эродированность почв.

Таким образом, в настоящее время в распоряжении землепользователей имеются утвержденные критерии на основании которых можно проводить инвентаризацию участков сельскохозяйственных земель с плотностью загрязнения ^{137}Cs более 5 Ки/км^2 и ^{90}Sr более $0,15 \text{ Ки/км}^2$ на песчаных, заболоченных и эродированных почвах, генетическое плодородие которых 31 и менее баллов для пахотных земель, менее 20 баллов для улучшенных сенокосных и пастбищных земель и менее 10 баллов для естественных сенокосных и пастбищных земель и обосновывать возможность вывода их из оборота и передачи под залесение.

К этому следует добавить, что работы по переводу земель под залесение осуществляются в порядке, установленном законодательством Республики Беларусь.

ГЛАВА 2 ОБРАБОТКА ПОЧВЫ И ВНЕСЕНИЕ УДОБРЕНИЙ НА ПАШНЕ

2.1. Ресурсосберегающая обработка почв

Значение обработки почвы в интенсивном земледелии определяется, прежде всего, тем, насколько успешно с ее помощью создаются оптимальные условия для роста и развития возделываемых культур. По мнению многих исследователей, за счет обработки почвы может формироваться до 25 % урожая. Обработка почвы – один из самых трудоемких агротехнических приемов. На его проведение затрачивается до 40 % энергетических и 25 % трудовых ресурсов, используемых для выращивания урожаев сельскохозяйственных культур. Обработка почвы связана со значительными расходами нефтепродуктов, которые достигают от 12 до 38 % общих затрат топлива в агропромышленном комплексе. Поэтому разработка и внедрение в производство энергосберегающих систем обработки почвы с минимальным расходом горюче-смазочных материалов обеспечивает получение экономического эффекта за счет экономии нефтепродуктов, а также способствует снижению выброса токсических веществ в окружающую среду, образующихся при сгорании топлива.

К настоящему времени агрономической наукой и практикой накоплен огромный экспериментальный материал по различным вариантам обработки почвы, но до сих пор имеются разные взгляды и подходы на решение данной проблемы.

Так, сторонники органического, биологического и органо-биологического земледелия считают наиболее правильной только поверхностную обработку почвы без оборота пласта. По их утверждению поверхностная обработка почвы повышает биологической активности почв благодаря растительным остаткам и органическим удобрениям, заделанным в верхний слой. Размещение же их в более глубокие слои, бедные микроорганизмами, ухудшает режим питания. Накопление органических веществ в верхних слоях улучшает также физические свойства почвы (Прижуков Ф. Б., 1989).

Разные обработки почвы, обуславливая неравномерное распределение растительных остатков и неодинаковые условия разложения их в пахотном горизонте, формируют разную плодородия. При длительном применении безотвальной обработки наблюдается возрастание плодородия верхнего слоя и убывание нижнего (Охинько И. П., 1974). Вместе с тем на фоне высокого уровня плодо-

родия почвы минимальная обработка может не вызывать дифференциации пахотного слоя (Трушин В. Ф. и др., 1987). В то же время 5-летняя комбинированная обработка связно песчаной дерново-подзолистой почвы Полесья Украины приводит к обогащению гумусом и элементами питания слоя 0–10 см (Чернилевский Н. С., Брезинский В. Б., 1990).

Установлено, что интенсивность микробиологических процессов выше при отвальной обработке почвы. Повышенный уровень аэрации при вспашке в сочетании с благоприятными гидротермическими условиями способствует усиленной минерализации растительных остатков и накоплению нитратного азота (Вольнов В. В., 1985). Ежегодные плоскорезные и минимальные обработки в сравнении со вспашкой снижают уровень обеспеченности культур азотом.

Повышение плодородия почвы при вспашке по сравнению с минимальной обработкой связывают с тем, что при перемешивании почвы происходит разрушение почвенных агрегатов и увеличивается доступность органического вещества микроорганизмам. При вспашке растительные остатки перемещаются в нижний более влажный слой почвы, в то время как заделанные неглубоко или же оставленные на поверхности почвы они могут пересыхать (Данилова А. А. и др., 1990).

Большое значение в почвенном плодородии имеет физическое состояние почв, которое оценивается по характеру их изменения в течение сезона. Сильная изменчивость плотности и агрегатного состава почв по сезонам свидетельствует о агрофизической деградации их структуры (Медведев В. В. и др., 1983).

Имеются данные о положительном влиянии на физические свойства безотвальных обработок почвы, способствующих снижению плотности, увеличению коэффициента структурности, содержания агрономически ценных и водопрочных агрегатов (Трушин В. Ф., Крылов Э. Ф., 1990; Гесть Г. А., 2001).

В работе Рамазанова Р. Я. и Хазиева Ф. Х. (1994) отмечается, что 1–2-годичная замена вспашки мелкой на 12–4 см плоскорезной и минимальной обработками не ухудшает параметры структурно-агрегатного состава почв.

Одновременно с этим имеются данные об отрицательном влиянии на почву безотвальных обработок. Афанасьев Н. И. с соавторами (1998) показали, что физические свойства, наиболее благоприятные для роста и развития растений, устанавливаются при обычной вспашке. Другие виды обработки уступают вспашке, но и при их проведении физические свойства пахотного слоя находятся в диапазоне, достаточном для нормальной вегетации сельскохозяйственных культур.

Мелкая обработка и чизелевание создают наиболее благоприятные агрофизические свойства почвы только в слое 0–10 см.

В работе Симченкова Г. В. с соавторами (1997) также подтверждено, что лучшие условия для растений создаются в пахотном слое при ежегодной вспашке, когда увеличивается порозность и снижается плотность почвы. Плоскорезная обработка увеличивала плотность слоя почвы на глубине 10–20 см по сравнению со вспашкой, а самой высокой она была при мелкой обработке.

Кругловым Л. В. с соавторами (1993) установлено, что чизелевание почвы на глубину 22–25 см является менее разуплотняющим приемом, чем обычная зяблевая вспашка. При чизелевании плотность почвы в течение всего вегетационного периода выше на 0,08–0,11 г/см³. А наиболее высокой плотность почвы наблюдается при мелкой обработке.

Применение в течение 3 лет безотвальной чизельной, поверхностной дисковой и минимальной систем обработки относительно отвальной вспашки может приводить к уплотнению 0–20 см слоя дерново-подзолистых супесчаных почв. Поверхностная дисковая обработка увеличивает плотность автоморфной почвы на 0,09 г/см³. Безотвальная чизельная и минимальная обработки повышают плотность указанной почвы незначительно (на 0,02–0,03 г/см³). Замена системы отвальной обработки системами, включающими безотвальную обработку, увеличивают плотность глееватой почвы на 0,06–0,12 г/см³. В течение вегетационного периода плотность пахотного горизонта более стабильна при безотвальной обработке в сравнении с отвальной вспашкой (Цыбулько Н. Н. и др., 2011).

При недостаточном и неустойчивом увлажнении существенное значение имеют агротехнические приемы, способствующие накоплению и сохранению влаги в почве. Первостепенным приемом, обеспечивающим максимально возможное накопление влаги в осенне-зимне-весенний период, считается глубокая основная обработка почвы. Установлено также положительное действие на водный режим и влагообеспеченность растений обработки без оборота и перемешивания обрабатываемого слоя. Повышение запасов влаги в почве при глубокой безотвальной обработке объясняется накоплением снега. При этом безотвальные обработки на глубину 25–27 см по сравнению со вспашкой не только улучшают режим влажности эродированных почв, но и отодвигают сроки их интенсивного иссушения на более поздние фазы вегетации (Шевченко И. П., 1989; Бережняк М. Ф., 1987).

Почвозащитная обработка создает лучшие условия влагообеспеченности под яровыми зерновыми культурами, повышая весенний запас продуктивной влаги в почвенном профиле в среднем на 30 мм

по отношению к отвальной вспашке, однако к периоду уборки различия нивелируются (Шеховцов А. Н., 1990).

Плоскорезная и мелкая обработки способствуют увеличению запасов влаги в почвенном профиле, во-первых, за счёт уменьшения физического испарения воды из почвы. Во-вторых, пожнивные остатки, расположенные на поверхности, играют роль мульчи, которая снижает интенсивность диффузии и конвекции газообразной влаги. В итоге водопроницаемость почвы увеличивается за счет совместного эффекта – сокращения поверхностного стока и уменьшения потерь влаги при испарении (Гужев П. В., 1990).

Преимущество безотвальной обработки перед вспашкой особенно прослеживаются в засушливые годы. В период недостаточного увлажнения целесообразны мелкие и поверхностные обработки, а в годы с выпадением большого количества осадков – вспашка, после которой во вспаханной почве накапливается больше влаги, чем при мелко обработанной почве (Моргун Ф. Т., Шикула Н. К., 1984).

На дерново-подзолистых супесчаных почвах чизельная и минимальная обработки на автоморфной почве по сравнению с отвальной способствуют дополнительному накоплению влаги за период вегетации культур в слое 0–20 см в среднем на 3–6 мм. Однако безотвальные способы обработки не обеспечивают дополнительного накопления продуктивной влаги в глееватой почве. Поверхностная дисковая обработка незначительно, а минимальная обработка на 5 мм снижает запасы влаги в слое 0–20 см (Цыбулько Н. Н. и др., 2012).

Главной оценкой эффективности агрономических приемов является урожайность сельскохозяйственных культур. Показана достаточно высокая эффективность безотвальных обработок под зерновые культуры. Применение её в разных почвенно-климатических зонах свидетельствует, что безотвальные обработки способствуют получению дополнительно 1–2 ц/га зерна, а в сочетании с удобрениями – 6–8 ц/га (Кочетов И. С., 1990; Шабаев А. И., 2003).

Вместе с тем ряд исследователей не выявили преимущества безотвальных обработок перед вспашкой. Так, в опытах Белорусского НИИ земледелия и кормов на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве вспашка, чизелевание и мелкая обработка по урожайности культур практически не различались. Только вариант с рыхлением подпахотного слоя имел достоверную прибавку урожая (Симченков Г. В., 1991, 1997). По эффективности зяблевая вспашка и чизельная обработка практически равны, но ввиду меньшей энергоемкости чизелевание целесообразнее на дерново-подзолистых почвах.

В исследованиях Цыбулько Н. Н. с соавторами (2012) на дерново-подзолистых супесчаных почвах отвальная вспашка на 20–22 см и безотвальная чизельная обработка на эту же глубину практически не различались по продуктивности звена севооборота овес – зернобобовая смесь – яровая пшеница. Минимальная система обработки на автоморфной почве обеспечивала по отношению к вспашке дополнительно 2,8 ц/га зерновых единиц, а на глееватой почве наблюдалось снижение урожайности на 3,8 ц/га. Поверхностная дисковая обработка на 10–12 см приводит к недобору на автоморфной почве и глееватой почвах 3,7 ц/га зерновых единиц.

На территории радиоактивного загрязнения, выпавшие на поверхность почвы, радионуклиды медленно мигрируют по почвенному профилю и остаются в верхнем 5–10-сантиметровом слое почвы. Концентрация радионуклидов в верхнем слое почвы имеет свои положительные и отрицательные стороны. Основные факторы опасности от нахождения радионуклидов в верхнем слое почвы состоят в том, что они: могут усваиваться через корневое поглощение растениями с поверхностной корневой системой; представляют собой слабо экранированный источник внешнего облучения; обуславливают дополнительную дозу за счет вторичного ветрового подъема пыли. Однако благодаря малой подвижности радионуклидов возможно удаление основного количества загрязнения путем снятия тонкого слоя с поверхности почвы.

Влияние механической обработки почвы на биологическую доступность радионуклидов обусловлено несколькими факторами. Глубокое запахивание верхних загрязненных слоев почвы на глубину до 70 см или перемешивание с «чистыми» слоями почвы способствует снижению доступности радионуклидов для растений. Считается, что глубокая вспашка является одним из первоочередных защитных мероприятий, позволяющая уменьшить поступление радионуклидов в растения в 2,0–4,7 раза (Корнеев Н. А., 2004).

Путём механического воздействия на почву, распределения в ней растительных остатков, органических и минеральных удобрений обработка почвы изменяет водно-физические и агрохимические условия роста и развития растений, влияющие на поступление радионуклидов в растения.

Отмечается положительное влияние чизельной и минимальной обработок почвы в снижении перехода ^{137}Cs в зерновые культуры, клубни картофеля и зеленую массу люпина по сравнению с традиционной отвальной обработкой. Некоторым увеличением поступления

радионуклида в зерновые культуры в ряде случаев характеризуется дисковая обработка (Жигарева Т. Л и др., 2003).

Установлено, что применение вспашки на постоянную глубину может приводить к образованию «плужной подошвы», которая ограничивает миграции радионуклидов в подпахотный слой. В связи с этим на загрязненных радионуклидами почвах особое внимание необходимо уделять глубокому рыхлению. Оно снижает плотность, увеличивает водопроницаемость почвы, способствует проникновению корневой системы на глубину в более «чистые» слои почвы, ускоряет миграцию радионуклидов в подпахотные горизонты. Поэтому глубокое рыхление почвы позволяет снижать поступление ^{137}Cs в сельскохозяйственные культуры в 1,2–2 раза в сравнении с обычной вспашкой (Буряков А. Т., 2006). В исследованиях на дерново-подзолистых супесчаных почвах по замене традиционной вспашки безотвальной чизельной и минимальной обработкой не приводило к увеличению поступления ^{137}Cs в растения. А вот поверхностная дисковая обработка на автоморфной почве приводит к усилению поступления его в зерно в 1,3–1,6 раза (Цыбулько Н. Н., Ермоленко А. В., 2011).

В настоящее время в сельскохозяйственном пользовании Беларуси находится 598,3 тыс. га пахотных земель, загрязненных ^{137}Cs с плотностью 37 кБк/м² и выше, что составляет около 13 % от общей площади пашни. По степени загрязнения преобладают земли с плотностью 37–185 кБк/м² (1,0–4,9 Ки/км²), занимающие 463,2 тыс. га (77 % от общей площади загрязненных пахотных земель). Пахотные земли с плотностью загрязнения от 185 (5,0 Ки/км²) до 555 кБк/м² (15 Ки/км²) составляют 120,1 тыс. га (20,1 %). Кроме этого, в республике продолжается земледелие на 14,9 тыс. га пахотных земель с высокой плотностью загрязнения ^{137}Cs – от 555 до 1480 кБк/м² (15–40 Ки/км²) (таблица 2.1).

Таблица 2.1 – Площади пахотных земель, загрязненных ^{137}Cs в Беларуси

Области	Плотность загрязнения, Ки/км ²						Всего, га
	1–4,9	5–9,9	10–14,9	15–29,9	30–39,9	40 и более	
Брестская	29333	591	42	–	–	–	29966
Витебская	254	–	–	–	–	–	254
Гомельская	257909	65260	18922	11996	239	21	354347
Гродненская	15255	75	–	–	–	–	15330
Минская	33143	189	–	–	–	–	33332
Могилевская	127331	29080	5947	2719	–	–	165077
По республике	463225	95195	24911	14715	239	21	598306

Удельный вес загрязненных площадей пахотных земель по областям республики существенным образом различаются. Основные массивы площадей находятся в Гомельской и Могилевской областях и соответственно составляют 354,3 и 165,1 тыс. га. Загрязненные ^{137}Cs с плотностью 37 кБк/м² и выше площади сельскохозяйственных земель имеются в 58 административных районах. В Гомельской области такие площади находятся в 20 районах, в Могилевской – в 14, в Минской – в 12, в Брестской – в 9, в Гродненской – в 5 и в Витебской области – в 1.

Загрязнение пахотных земель ^{90}Sr имеет меньший масштаб по сравнению с ^{137}Cs . К настоящему времени в республике в сельскохозяйственном ведении находится 200,3 тыс. га пахотных земель, загрязненных ^{90}Sr с плотностью 5,55 кБк/м² и выше, что составляет около 4 % от общей площади пашни (таблица 2.2). По уровню загрязнения преобладают земли с плотностью 5,55–11,10 кБк/м² (0,15–0,30 Ки/км²), которые занимают 119,1 тыс. га (59,5 %). Основные массивы земель, загрязненных ^{90}Sr , сконцентрированы в Гомельской области – 191,6 тыс. га (95,7 % от общей их площади). Здесь же расположены 73,1 тыс. га пахотных земель загрязненных ^{90}Sr с плотностью от 11,47 до 111,00 кБк/м² (0,31–3,00 Ки/км²), на которых имеются проблемы с получением продукции в пределах установленных радиологических требований.

На территории других областей стронциевые выпадения происходили на существенно меньших площадях. Так, в сельскохозяйственном пользовании Могилевской области находится 7,9 тыс. га (4,0 %), Брестской области – 0,72 тыс. га (0,4 %) пахотных земель. В административном отношении загрязненные радионуклидами сельскохозяйственные земли имеются в 58 районах республики.

Таблица 2.2 – Площади пахотных земель, загрязненных ^{90}Sr в Республике Беларусь

Области	Плотность загрязнения, Ки/км ²						Всего, га
	0,15–0,30	0,31–0,50	0,51–1,00	1,01–2,00	2,01– 3,00	Более 3,0	
Брестская	719	–	–	–	–	–	719
Гомельская	110448	38925	27895	13000	1306	63	191637
Могилевская	7918	–	–	–	–	–	7918
По республике	119085	38925	27895	13000	1306	63	200274

В ареале загрязнения почвенный покров пахотных земель Беларуси имеет большое разнообразие, обусловленное типовыми различиями

ями, степенью увлажнения почв, гранулометрическим составом почвообразующих и подстилающих пород.

В составе загрязненных земель преобладают дерново-подзолистые заболочиваемые и дерново-подзолистые почвы, удельный вес которых составляет 47,0 и 42,7 % соответственно. Площади остальных типов почв занимают в целом около 10 % (таблица 2.3).

Таблица 2.3 – Распределение по типам (в %) загрязненных радионуклидами почв пахотных земель на территории радиоактивного загрязнения

Тип почв	Область						Всего
	Брестская	Витебская	Гомельская	Гродненская	Минская	Могилевская	
Дерновые и дерново-карбонатные	–	–	–	–	–	0,1	0,01
Дерновые и дерново-карбонатные заболочиваемые	26,5	–	4,9	–	5,2	0,4	6,2
Дерново-подзолистые	11,2	90,0	37,7	77,8	45,2	60,2	42,7
Дерново-подзолистые заболочиваемые	37,7	10,0	52,5	22,2	40,5	39,1	47,0
Аллювиальные дерновые заболочиваемые	4,1	–	0,5	–	0,8	0,2	0,9
Торфяно-болотные:							
низинные	6,6	–	2,4	–	7,6	–	2,8
переходные	1,5	–	–	–	–	–	0,2
верховые	0,1	–	–	–	–	–	0,02
Аллювиальные пойменные	1,5	–	0,1	–	0,7	–	0,4
Деградированные торфяные	10,8	–	1,9	–	–	–	2,1

Дерново-подзолистые заболочиваемые почвы распространены в Наровлянском, Ельском и других районах Гомельской области, Костюковичском и Краснопольском районах Могилевской области. Дерново-подзолистые почвы преобладают в северной и северо-восточной части (Чечерский, Ветковский, Кормянский, Добрушский,

Белыничский, Быховский, Кричевский, Могилевский, Славгородский, Чаусский районы), где их площадь составляет 40–60 % от площади сельскохозяйственных земель. На долю дерновых заболочиваемых почв в таких районах, как Брагинский, Добрушский, Лоевский, Речицкий, Хойникский, Лунинецкий, Пинский и Столинский, приходится 15–40 %, а аллювиальных дерновых заболочиваемых – в Столинском, Гомельском, Лоевском, Мозырском, Рогачевском и Быховском районах – более 10 %.

В Полесском регионе страны распространены торфяные почвы. В ряде районов их удельный вес составляет от 15 до 35 % (Брагинский, Ельский, Калинковичский, Лельчицкий, Хойникский, Лунинецкий, районы). Большие площади торфяных почв имеются также в Быховском районе Могилевской области (14,1 %). Площади антропогенно-преобразованных почв имеются в Ельском, Калинковичском и Лунинецком районах.

Один из важнейших факторов, определяющих не только почвенное плодородие, но и параметры миграции радионуклидов в системе почва – растение является степень увлажнения. На территории радиоактивного загрязнения в составе пахотных земель автоморфные почвы занимают 49,2, полугидроморфные – 45,3 и гидроморфные – 5,5 %. Удельный вес переувлажненных почв (полугидроморфных и гидроморфных) достигает 50,8 %. Этот показатель изменяется от 22,2 % в Гродненской области до 88,9 % – в Брестской области. Значительные площади переувлажненных почв (до 62,3 %) сконцентрированы в наиболее загрязненной радионуклидами Гомельской области (таблица 2.4).

Таблица 2.4 – Распределение пахотных земель, загрязненных радионуклидами по степени увлажнения, в %

Область	Автоморфные	Полугидроморфные				Гидроморфные	Переувлажненные (всего)
		всего	В том числе				
			слабоглееватые	глееватые	глеевые		
Брестская	11,2	68,4	30,9	22,1	15,4	20,5	88,9
Витебская	63,0	37,0	27,0	10,0	–	–	37,0
Гомельская	37,8	58,1	36,3	18,6	3,2	4,2	62,3
Гродненская	77,8	22,2	14,4	7,8	–	–	22,2
Минская	45,3	46,5	27,6	14,1	4,8	8,2	54,7
Могилевская	60,2	39,7	35,2	4,3	0,2	–	39,7
Всего	49,2	45,3	28,6	12,8	3,9	5,5	50,8

На поступление радионуклидов в растения большое влияние оказывает гранулометрический состав почвы. Установлено, что в пределах одного типа почв в зависимости от гранулометрического состава накопление ^{137}Cs и ^{90}Sr растениями может изменяться до 2 раз и более. Среди пахотных земель на территории радиоактивного загрязнения преобладают супесчаные и песчаные почвы, которые занимают 56,7 и 32,7 % соответственно (таблица 2.5). Значительные площади супесчаных почв имеются в Буда–Кошелевском, Ветковском, Добрушском, Кормянском и Рогачевском районах Гомельской области, в Быховском, Костюковичском, Краснопольском, Славгородском, Чаусском и Чериковском районах Могилевской области. Песчаные почвы преобладают в Полесском регионе, они занимают более 50 % площадей сельскохозяйственных земель в Гомельском, Ельском, Калинковичском, Лельчицком, Лоевском, Мозырском, Наровлянском, Лунинецком и Пинском районах.

Таблица 2.5 – Распределение пахотных земель на территории радиоактивного загрязнения по гранулометрическому составу, %

Область	Суглинистые	Супесчаные	Песчаные	Торфяные
Брестская	4,2	12,1	72,3	11,4
Витебская	–	100,0	–	–
Гомельская	1,3	52,6	43,5	2,6
Гродненская	2,6	49,3	48,1	0,0
Минская	11,1	58,7	22,0	8,2
Могилевская	9,1	80,4	10,5	0,0
Всего	4,7	56,7	32,7	5,9

Широкое распространение на территории загрязнения торфяных и минеральных почв легкого гранулометрического состава содействует развитию на них дефляционных процессов. Дефлированные и дефляционно опасные почвы в составе пахотных земель составляют 51,2 %. А в таких районах, как Мозырский, Лельчицкий, Калинковичский, Лунинецкий и Пинский, их удельный вес достигает 70–80 %. Меньше всего таких почв в районах Могилевской области, где дефляции подвержено около 1,3 % пахотных земель.

Проявление водной эрозии наблюдается в северо-восточных районах (Добрушском, Кормянском) Гомельской области и в отдельных районах Могилевской (Костюковичском, Кричевском, Могилевском, Чаусском) области, достигая 5–6 % пахотных земель.

Известно, что задачами механической обработки почвы являются изменения свойств, режимов и плодородия почв под воздействием

производственной деятельности и климатических факторов. Зная эти закономерности, можно регулировать условия роста и развития растений в направлении их оптимизации.

Система обработки, обеспечивая различное механическое воздействие (крошение, перемешивание, оборачивание) на почву, распределение в ней растительных остатков, органических и минеральных удобрений, изменяет физические и химические условия роста и развития растений. Обработкой можно значительно изменить и регулировать практически все почвенные режимы: водный, воздушный, температурный, окислительно-восстановительный, микробиологический и другие.

Выбор оптимальной системы обработки почвы имеет широкий диапазон всевозможных решений – от традиционной отвальной вспашки до нулевой обработки через множество вариантов безотвальных чизельных и плоскорезных, отвальных обработок и их комбинаций при различных уровнях минимизации. Он определяется разнообразием почвенно-экологических условий, требованиями культурных растений и интенсификацией сельскохозяйственного производства, в частности, уровнем применения удобрений и средств защиты растений.

В разных почвенно-экологических и ландшафтных условиях задачи обработки почвы имеют неодинаковое значение. Функции механической обработки почвы условно делят на общие и специальные.

К общим функциям обработки почвы относятся:

- оптимизация плотности почвы и структурного состояния;
- регулирование водного режима и баланса почвы;
- регулирование режима органического вещества и элементов минерального питания растений;
- создание оптимальных условий для посева и получения дружных всходов;
- заделка в почву растительных остатков, удобрений и мелиорантов;
- регулирование фитосанитарных условий.

К специальным функциям механической обработки следует отнести:

- предотвращение водной эрозии и дефляции почв;
- снижение биологической доступности и предотвращение горизонтальной миграции радионуклидов в условиях радиоактивного загрязнения земель.

Таким образом, специфическая функция обработки состоит в том, чтобы уменьшить концентрацию радионуклидов в корнеобитаемом слое почвы перемешиванием с «чистыми» слоями почвы или глубоким запахиванием верхних, «грязных» слоев, снизить пере-

ход радионуклидов в растения путем оптимизации почвенных режимов, а также предотвратить перенос их с водной эрозией и дефляцией.

Система основной обработки почвы в условиях радиоактивного загрязнения зависит от характера и глубины распределения радионуклидов в обрабатываемом слое. В случае загрязнения верхней части обрабатываемого слоя почвы (5–10 см) наиболее целесообразна глубокая (на 25–35 см) и сверхглубокая (более 35 см) вспашка с припахиванием нижележащего слоя почвы с полным оборотом пласта (на 180°) и сбрасыванием загрязненного слоя почвы на дно борозды. Данные приемы обработки использовались сразу после чернобыльской катастрофы. В настоящее время их возможно применять при возврате в сельскохозяйственное пользование ранее выведенных из оборота земель, так как на таких землях радионуклиды, вследствие их незначительной вертикальной миграции, по-прежнему сосредоточены в верхней части пахотного горизонта.

Следует иметь также в виду, что глубокая и сверхглубокая вспашка эффективна для культур с неглубоко залегающей корневой системой. Применение этих приемов имеет ограничения, например, если возможны нарушение дренажных систем, потеря верхнего плодородного слоя почвы с перемещением на поверхность малоплодородных подпахотных слоев, практическое отсутствие эффекта на песчаных почвах.

Для разбавления радионуклидов в корнеобитаемом слое почвы выполняется обычная вспашка. Эффективность ее зависит от типа почв, глубины пахотного слоя и от вида возделываемых культур, особенно от глубины корневой системы.

При загрязнении всего пахотного слоя (0–25 см) на дерново-подзолистых почвах возможно применение как отвальной обработки почвы, так и безотвальной – чизельной, поверхностной дисковой и минимальной обработок. На легких песчаных и супесчаных почвах, где радионуклиды распределены относительно равномерно по всей глубине обрабатываемого слоя, применяется комбинированная безотвальная система обработки. При высоком уровне радиоактивного загрязнения (15 Ки/км² и выше) с целью снижения доз внешнего облучения персонала и уменьшения миграции радионуклидов с дефляцией почвы целесообразно применение минимальной и нулевой обработок путём использования высокопроизводительных комбинированных почвообрабатывающих агрегатов.

При загрязнении нижней части обрабатываемого слоя (в пределах 30±5 см) в условиях достаточного увлажнения рекомендуется проводить гладкую вспашку без припашки загрязненного слоя (с использо-

ванием фронтальных и оборотных плугов), а в засушливых условиях – безотвальную чизельную обработку на 20–25 см или глубже. В данных условиях система основной обработки почвы направлена на предотвращение вторичного загрязнения почвы ранее глубоко запаханным загрязненным ее слоем.

При выборе приемов основной обработки почвы учитывают как необходимость, так и возможные последствия применения обработок. Любая обработка почвы имеет свои плюсы и минусы, разумный баланс которых позволяет правильно применить систему обработки почвы к конкретным условиям производства. Результаты многочисленных исследований свидетельствуют, что способы основной обработки почвы характеризуются различным уровнем эффективности. В условиях рыночных отношений необходимо руководствоваться требованием эффективного использования производственных ресурсов, повышать их окупаемость.

Каждая система обработки почвы характеризуется своей энергетической эффективностью. По сумме энергетических затрат выделяется мелкая обработка, например, БДТ-7, где расходы энергии могут достигать всего лишь 740,2 Мдж/га, в то время как при вспашке 1381,3 Мдж/га. Но по сбережению энергетических ресурсов и оплате их энергией, накопленной в прибавке урожая, с лучшей стороны характеризуется система комбинированной обработки. Комбинированная обработка предусматривает чередование через год чизельной и вспашки в севообороте, где сумма энергетических затрат на 19,4 % ниже общепринятой обработки и коэффициент энергетической эффективности составляет 2,48. Что же касается ежегодной чизельной обработки, то в условиях Беларуси более высокий энергетический эффект получают при сочетании ее с подпочвенным рыхлением «плужной подошвы» два раза за севопольный севооборот. В этом случае энергетический коэффициент имеет значение 2,5 (Бачило Н. Г. и др., 2001).

Каждая система обработки различается по интенсивности и характеру воздействия на почву. Так, чрезмерно интенсивная обработка способствует распылению пахотного слоя, потере структуры, быстрому разложению органического вещества, деградации и снижению ее плодородия, а также развитию эрозионных процессов.

Все это стало основной причиной того, что в последнее время во многих странах технология обработки почвы изменяется в сторону инициализации и энергосбережения на базе использования высокопроизводительных машин и орудий, а также широкого внедрения

комбинированных агрегатов, обеспечивающих за один проход по полю полную подготовку к посеву, а иногда и посев.

Своевременное и качественное проведение всех операций при обработке почвы способствует накоплению в ней влаги, питательных веществ в доступной форме для растений, создания благоприятных условий для микробиологических процессов, что в конечном итоге приводит к повышению урожайности сельскохозяйственных культур.

В современных условиях для сельского хозяйства проблема экономии энергии и ресурсов выступает на первое место. В процессе роста и развития растения связывают энергию солнца, сохраняя ее в виде запасных веществ. Производство растениеводческой продукции сопряжено со значительными затратами энергии, которые не всегда перекрываются энергией, аккумулированной в урожае сельскохозяйственных культур. Важной задачей является получение максимального количества энергии, аккумулированной в урожае сельскохозяйственных культур при меньших затратах энергии на их возделывание. Повысить эффективность можно только путем снижения энергоемкости технологических процессов и повышения продуктивности культур. Основная обработка почвы пока остается наиболее энергоемким этапом производства продукции растениеводства.

В настоящее время в республике выпускается широкий ассортимент почвообрабатывающей техники различной производительности. Широко представлены высокопроизводительные почвообрабатывающие агрегаты, как для вспашки, так и для безотвальной обработки, позволяющие значительно экономить энергоресурсы. Например, при вспашке почвы широко захватывающими орудиями экономия топлива в сравнении с малопродуктивными плугами достигает до 3 литров на одном гектаре. Производительность оборотных плугов для гладкой вспашки выше в сравнении с обычными плугами. Так, применение плуга ПНО-8-40К обеспечивает высокое качество обработки почвы, а также экономию топлива до 3–4 литров на гектаре в сравнении с плугами для загонной вспашки.

Производительность широко захватывающих дисковых орудий для безотвальной основной обработки почвы почти в 3 раза выше в сравнении с широкозахватными оборотными плугами и в 5–6 раз в сравнении с 3-, 4-корпусными плугами. При этом экономия топлива достигает до 12 л/га. Кроме того, более высокая производительность агрегатов позволяет провести полевые работы в сжатые сроки.

Результаты исследований показывают, что баланс энергии является положительным как при отвальном, так и при безотвальном способе обработки почвы. Анализ полных затрат энергии при возделывании

вании культур на фоне различных обработок почвы свидетельствует, что за счет повышения урожая культур применение безотвальных и поверхностных обработок позволяет сэкономить до 4,5 ГДж/га. Отвальная вспашка также является эффективной – содержание энергии в растениеводческой продукции перекрывает повышенные затраты энергии на ее производство. Безотвальные и поверхностные обработки (чизелевание и дисковая) хотя и имеют несколько меньшие суммарные затраты энергии, но характеризуются меньшими коэффициентами энергоотдачи, так как содержание энергии в урожае при их применении ниже (Цыбулько Н. Н и др., 2012).

Следовательно, при выборе способа основной обработки почвы следует учитывать влияние его на продуктивность культур.

2.2. Применение органических удобрений

Ведение сельскохозяйственного производства в условиях радиоактивного загрязнения земель сопряжено с производством продукции с содержанием радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr выше допустимых уровней. Это обусловлено тем, что основная часть загрязненных сельскохозяйственных угодий расположена на дерново-подзолистых почвах лёгкого гранулометрического состава – супесчаных на морене и на песках, а также на песчаных почвах. В естественном состоянии эти почвы характеризуются низким содержанием гумуса, питательных макро- и микроэлементов, высокой кислотностью, что способствует повышенному накоплению радионуклидов в сельскохозяйственной продукции. Это требует систематического проведения агрохимических мероприятий по повышению плодородия почв и снижению перехода радионуклидов из почвы в растения (Богдевич И. М. и др., 2004).

К наиболее значимым приемам повышения плодородия почв загрязненных сельскохозяйственных угодий и снижения накопления радионуклидов в продукции относится применение органических удобрений. Известно, что систематическое применение органических удобрений повышает содержание гумуса, улучшает водно-физические свойства, усиливает микробиологическую активность почвы. Из одной тонны навоза образуется от 35 до 50 кг гумуса в зависимости от гранулометрического состава почв. При внесении органических удобрений повышается эффективность использования минеральных удобрений, возрастает устойчивость сельскохозяйственных культур к неблагоприятным факторам. Все это в комплексе сни-

жает накопление радионуклидов в продукции, повышает урожайность сельскохозяйственных культур и рентабельность производства.

Результаты исследований свидетельствуют, что получение устойчивого высокого урожая сельскохозяйственных культур возможно при условии оптимизации агрохимических свойств почв. Оптимальное содержание гумуса для дерново-подзолистых суглинистых почв составляет 2,5–3,0 %, для супесчаных – 2,0–2,5 %, для песчаных – 1,8–2,2% (Богдевич И. М., 1992).

Периодическое агрохимическое обследование почв сельскохозяйственных угодий 21 административного района республики, подвергшихся наиболее сильному радиоактивному загрязнению, показало, что практически во всех районах отмечается снижение содержания органического вещества пахотных почв. По республике такая негативная тенденция отмечается в основном на низкоплодородных почвах Брестской, Гомельской и Могилевской областей. На сенокосах и пастбищах обеспечивается бездефицитный баланс гумуса в почве за счет длительного возделывания многолетних трав, способствующих обогащению почвы органическим веществом. Анализ статистических данных свидетельствует, что наблюдаемое уменьшение содержания гумуса в почвах наиболее загрязненных районов обусловлено резким уменьшением доз вносимых органических удобрений (таблица 2.6). Так, количество органических удобрений, внесенных в 2002 г. на 1 гектар севооборотной площади, снизилось с 11,7 до 6,0 т или почти в 2 раза по сравнению с 1993 г. При этом содержание гумуса в почве уменьшилось соответственно с 2,43 до 2,26 %. Сохранение такой тенденции может привести к снижению плодородия почв, что недопустимо, особенно на загрязненных территориях (Богдевич И. М. и др., 2004).

Рациональное использование органических удобрений компенсирует до 40 % выноса питательных веществ с урожаем. Однако внесение органических удобрений менее 8 т/га ставит под угрозу поддержание не только положительного, но и бездефицитного баланса гумуса в почвах.

В настоящее время в сложившейся трудной экономической ситуации сельскохозяйственных предприятий применение органических удобрений должно быть экономически оправданным, что требует получения устойчивых высоких урожаев с содержанием радионуклидов ниже существующих нормативов. Повышение содержания гумуса в почве должно быть обосновано с учетом экономических факторов (стоимость и окупаемость затрат на удобрения) (Богдевич И. М., 1992). В хозяйствах, где вносятся низкие дозы органических удобрений

ний, необходим пересмотр структуры посевных площадей, направленный на расширение площадей под бобовыми культурами и бобово-злаковыми травосмесями, посев промежуточных культур на зеленые удобрения.

Таблица 2.6 – Содержание гумуса в пахотных почвах по данным 9 тура агрохимического обследования в сравнении с 8 туром, %, по данным на 01.07.2003 г.

№ п/п	Район	Содержание гумуса, %		Год			
		По данным 9 тура	+/- к предыдущему туру	1993	1996	1999	2002
Гомельская область							
1	Брагинский	2,34	0,02	14,0	8,6	6,8	6,2
2	Буда-Кошелевский	2,16	-0,11	10,3	8,0	6,2	5,2
3	Ветковский	2,25	0,12	8,8	7,3	7,4	7,6
4	Добрушский	2,05	-0,04	10,1	6,8	6,5	5,2
5	Ельский	2,52	-0,34	13,0	7,6	7,2	7,6
6	Калинковичский	2,61	-0,19	11,0	6,9	6,7	5,7
7	Кормянский	1,95	-0,18	10,2	7,4	5,9	3,5
8	Лельчицкий	2,48	-0,30	13,9	11,2	10,1	8,5
9	Наровлянский	2,41	-0,09	9,2	8,1	3,8	4,0
10	Речицкий	2,30	-0,06	10,9	7,0	7,2	7,6
11	Рогачевский	2,41	-0,11	10,8	9,1	7,9	5,8
12	Хойникский	2,28	0,06	13,1	13,7	11,1	9,6
13	Чечерский	2,24	-0,13	10,2	7,4	6,4	4,8
Могилевская область							
14	Быховский	2,20	-0,06	7,7	6,1	8,7	4,7
15	Костюковичский	1,72	-0,09	8,1	4,0	3,8	5,0
16	Краснопольский	1,68	-0,07	6,8	5,3	5,4	4,1
17	Славгородский	1,93	-0,09	8,8	5,5	5,1	5,1
18	Чериковский	1,98	0,11	10,7	5,8	5,0	3,6
Брестская область							
19	Лунинецкий	2,75	-0,04	17,1	13,0	10,8	6,2
20	Пинский	2,56	-0,02	19,9	14,4	11,9	6,1
21	Столинский	2,64	-0,11	21,0	13,4	11,9	10,1

Виды органических удобрений различаются по происхождению, составу питательных веществ, а также по эффективности и продолжительности действия. Наиболее распространены следующие виды органических удобрений:

Подстилочный навоз – основное наиболее ценное органическое удобрение (таблица 2.7). Это смесь твердых и жидких экскрементов

животных и подстилки. В качестве подстилки используется солома зерновых культур, торф, опилки и другие материалы.

Таблица 2.7 – Содержание основных элементов питания в органических удобрениях, кг/т (Богдевич И. М. и др., 1985)

Органическое удобрение	Влажность, %	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	S
Навоз КРС на соломенной подстилке	74,2	5,2	2,6	6,2	4,0	2,0	5,2
Навоз КРС на торфяной подстилке	66,9	6,5	2,0	5,3	4,0	2,0	5,0

В зависимости от степени разложения различают:

– свежий навоз, слаборазложившийся – подстилка и кормовые остатки незначительно изменили цвет и прочность;

– полуперепревший – подстилка и кормовые остатки темно-коричневого цвета, потеряли прочность и легко разрываются, масса полуперегнившего навоза составляет 70–90 % по сравнению со свежим;

– перепревший – однородная темноокрашенная мажущая масса с трудно различимыми составными частями, на этой стадии разложения теряется около 50 % исходной массы органического вещества;

– перегной – черная однородная сыпучая масса, количество перегноя составляет около 25 % от свежего навоза.

Свежий подстилочный навоз не используется в качестве удобрений, так как при его внесении возможно засорение полей семенами сорных растений.

Исследования показывают, что при хранении навоза при температуре 30 °С через 30 дней в нем остается около половины жизнеспособных семян сорных растений, а через 80 – не более 40 %. С увеличением температуры хранения навоза до 40 °С семена сорняков гибнут полностью в течение 30 дней.

Химический состав подстилочного навоза существенно изменяется в зависимости от продолжительности хранения. Доводить удобрение до перепревшего состояния и перегноя нерационально. За 6 месяцев хранения содержание органического вещества уменьшается с 22 до 17 % от исходного количества, а содержание аммонийного азота – с 0,13 до 0,06 %.

Равномерное внесение и своевременная заделка подстилочного навоза в почву являются основой его эффективного использования. Потери аммиачного азота могут достигать 55 % при заделке через

4 часа разбрасывания, 70 % – через 24 часа и 80 % – через 48 часов (Богдевич И. М. и др., 1985).

Жидкий навоз – бесподстилочный навоз, накапливающийся на комплексах по откорму свиней и КРС. В структуре органических удобрений он занимает не более 10 %. Экономическая эффективность использования жидкого навоза определяется нормой расхода воды для смыва экскрементов животных. При нарушении технологии его заготовки требуются значительные затраты на транспортировку, что снижает рентабельность сельскохозяйственного производства, а также удобрительную ценность. Исследованиями показано, что внесение жидкого навоза влажностью более 95 % нерентабельно, так как резко увеличиваются затраты на перевозку. Качественные показатели жидкого навоза приведены в таблице 2.8. (Богдевич И. М. и др., 2004).

Компосты – органические удобрения, получаемые в результате разложения смеси навоза с торфом, растительной массой под влиянием микробиологической деятельности. Наиболее распространенным является торфонавозный компост (ТНК). Торф представляет собой растительную массу, разложившуюся в разной степени в условиях избыточного увлажнения и недостатка воздуха.

Таблица 2.8 – Содержание основных элементов питания в жидком навозе, % на сырой вес

Удобрение	Влажность	Азот общий	Аммиачный	P ₂ O ₅	K ₂ O
Жидкий навоз КРС	90–95	0,25	0,10	0,12	0,30
Жидкий навоз свиной	90–95	0,30	0,15	0,10	0,20

По содержанию питательных веществ наилучшим является низинный торф. Эффективность торфа как удобрения зависит от скорости разложения органического вещества. Активизируют эти процессы навоз, минеральные удобрения. Поэтому рекомендуется вносить торф только в виде торфонавозных компостов. Соотношение навоза к торфокрошке принимается 1:0,3–1:0,7. Высококачественный компост представляет собой рассыпчатую массу влажностью 75 % с реакцией близкой к нейтральной. При соотношении навоз : торф = 3:1 торфонавозный компост содержит 6,2 % N, 2,4 % P₂O₅, 5,3 % K₂O, 4,0 % CaO, 2,0 % MgO и 3,5 % S при естественной влажности. По эффективности торфонавозный компост незначительно уступает соломи-стому навозу (Лапа В.В. и др., 2002).

Лигнинонавозные компосты также являются одним из видов органических удобрений. Гидролизный лигнин, побочный продукт про-

изводства гидролизных заводов, может утилизироваться для приготовления лигнинонавозных компостов, вносимых на сельскохозяйственных угодьях при небольшом радиусе транспортировки.

Наиболее эффективны лигнинонавозные компосты при соотношении 1:1. Для приготовления 100 т лигнинонавозного компоста требуется 50 т лигнина влажностью 60 %, нейтрализованного известковым молоком, и 50 т навоза. Содержание питательных веществ в лигнинонавозном компосте на сырой вес следующее: N – 0,90 %, P₂O₅ – 0,35 %, K₂O – 1,18 %, CaO – 2,7 %, MgO – 0,60%, pH –7,9 (Кулаковская Т. Н. и др., 1985). По удобрительным свойствам лигнинонавозный компост равноценен торфонавозному компосту (Вильдфлуш И. Р. и др., 2001).

Сапропель – донные органоминеральные отложения пресноводных водоемов. Сапропели содержат 0,6–2,6 % общего азота, 0,14–0,19 фосфора, 2,5–43,8 кальция, 0,3–2,3 % магния. Почти не содержат калия. Доступного азота и фосфора в сапропеле в 3 раза меньше, чем в навозе (Вильдфлуш И. Р. и др., 2001). В зависимости от содержания органического вещества, кремнезема (SiO₂) и оксида кальция (CaO) сапропели подразделяются на органические, карбонатные и смешанного типа. Целесообразно использование сапропелей на песчаных и супесчаных почвах. По удобрительным свойствам 1 т органических сапропелей приравнивается к 0,6–0,7 т торфонавозного компоста. Применение сапропелей в качестве органических удобрений ограничено затратами на их добычу и транспортировку. Внесение сапропелей на поля оправдано, когда затраты на их добычу минимальны и радиус перевозок не более 15–20 км.

Для поддержания положительного баланса гумуса в почве в хозяйствах, где плотность скота ниже 50 голов на 100 га сельскохозяйственных угодий и заготовка торфа для компостов требует дальних экономически не оправданных перевозок, необходимо задействовать дополнительные источники обогащения почв органическим веществом. Прежде всего, следует предусматривать увеличение посевных площадей под бобовыми культурами и бобово-злаковыми травосмесями, промежуточными культурами на зеленые удобрения, а также запашку соломы (Богдевич И. М. и др., 2004).

Многолетние травы. Рекомендуется расширять площади под бобовыми культурами (клевер, люцерна, галега восточная и др.) и многолетними бобово-злаковыми травосмесями до 30–35 % от площади пашни, сокращать площади пропашных культур до 10–12 % и доводить соотношение площадей многолетние травы : пропашные культуры до 2,4 (Богдевич И. М., 1992). Каждый гектар многолетних трав сверх соотношения пропашные : многолетние травы – 1 : 1,5 способен обогатить поч-

ву органическим веществом, равноценным внесению не менее 15 т навоза на почвах с баллом 29–39 и не менее 20 т при балле пашни 40–50 (Богдевич И. М. и др., 1985).

Наряду с увеличением посевов многолетних трав эффективным приемом повышения содержания органического вещества в почве является заделка *зеленых удобрений*. На зеленое удобрение возделывают такие культуры, как рапс, редька масличная, люпин, донник, сераделла и др. Глубина заделки сидератов влияет на урожайность и накопление гумуса в почве.

Глубокая заделка сидератов способствует накоплению гумуса в почве, а мелкая – повышает урожайность культур (Вильдфлуш И Р. и др., 2001). Не рекомендуется глубокая заделка сидератов на тяжелых почвах.

Солома озимых зерновых культур также может использоваться в качестве органического удобрения. Она содержит 0,5 % N, 0,25 % P_2O_5 , 0,8 % K_2O . При использовании соломы на удобрение улучшаются физико-химические свойства почвы, повышается микробиологическая активность, уменьшаются потери азота.

Солому используют в качестве удобрения с обязательным внесением азота минеральных удобрений или жидкого навоза. Это обусловлено тем, что при разложении соломы, содержащей низкое количество азота, в почве идут процессы закрепления и иммобилизации азота микроорганизмами. Азотные удобрения не вносятся, если в качестве поживной культуры высевают бобовые и пропашные культуры, а также, если период времени до посева следующей культуры составляет более 10 недель. В случае необходимости азотные удобрения вносят дополнительно из расчета 10–12 кг на 1 т запаханной соломы озимых зерновых культур (Тикавый В. А. и др., 1992). При одновременном использовании жидкого навоза рекомендуется его нанесение на измельченную и равномерно разбросанную солому во время уборки с немедленной последующей заделкой.

На территории радиоактивного загрязнения влияние органических удобрений на урожайность сельскохозяйственных культур изучалось в многочисленных краткосрочных и долгосрочных экспериментах. Установлено, что дозы внесения органических удобрений и их окупаемость прибавкой урожая зависят от почвенных и погодных условий, биологических особенностей возделываемых культур и степени окультуренности сельскохозяйственных угодий. Наиболее эффективно применение органических удобрений под пропашные и озимые зерновые культуры. Дозы и соотношение минеральных

удобрений корректируются с учетом действия и последствий органических удобрений (Богдевич И. М., 1992).

В полевом стационарном опыте Институт почвоведения и агрохимии НАН Беларуси на дерново-подзолистой супесчаной почве, среднеобеспеченной фосфором и калием и с содержанием гумуса 2,2 % изучена эффективность возрастающих доз подстилочного соломистого навоза и минеральных удобрений. Навоз вносили в дозах 8 и 16 т на гектар севооборотной площади. Доза 8 т/га являлась минимальной для обеспечения бездефицитного баланса гумуса для данного типа почв и устойчивого ведения земледелия. Внесение 16 т/га навоза было направлено на повышение продуктивности сельскохозяйственных культур и снижение перехода радионуклидов из почвы в растения (Богдевич И. М., Подоляк А. Г. и др., 2004).

Исследования проводились в севообороте: кукуруза – яровая пшеница – вико-овсяная смесь – озимая пшеница – люпин узколистный на зерно. В севообороте возделывали культуры, производство которых на загрязненной территории сопряжено с содержанием радионуклидов выше РДУ-99 в конечной продукции.

Установлено, что сбалансированное применение минеральных и органических удобрений с учетом биологических особенностей возделываемых культур обеспечивало продуктивность севооборота на уровне 55–65 ц к.ед./га с рентабельностью 60–80 % и величиной чистого дохода 60–80 \$/га (таблица 2.9). Наибольшая урожайность культур в опыте достигалась при сбалансированном внесении минеральных и органических удобрений. Среди изучаемых вариантов наиболее эффективным было внесение минеральных удобрений с высокой дозой калия ($N_{72}P_{60}K_{168}$).

Так, внесение минеральных удобрений на фоне 16 т/га навоза обеспечило продуктивность севооборота 64,4 к. ед./га с величиной чистого дохода 79,1 \$/га и рентабельностью 77,3 %. На фоне 8 т/га навоза наиболее эффективно внесение умеренных доз азотных и калийных удобрений ($N_{72}P_{60}K_{114}$) по сравнению с другими вариантами. Это обеспечило продуктивность севооборота на уровне 51,6 ц к.ед./га с величиной чистого дохода 61,5 \$/га и рентабельностью 73,5%. На минеральном фоне (без навоза) наибольшая продуктивность культур севооборота – 41,3 ц к.ед./га получена при внесении минеральных удобрений с высокой дозой азота ($N_{102}P_{60}K_{114}$). При этом величина чистого дохода составила 42,0 \$/га с рентабельностью 54,6 %.

Внесение навоза в дозах 8 и 16 т/га без минеральных удобрений повышало продуктивность севооборота с 24,0 до 33,6 и 44,8 ц к.ед./га.

Прибавка урожая от 1 т навоза составила 24,0 и 26,0 к.ед. соответственно.

Таблица 2.9 – Урожайность сельскохозяйственных культур севооборота при внесении разных доз органических и минеральных удобрений, ц/га

Культура	Вариант	Урожайность, ц/га			Окупаемость 1 т навоза прибавкой урожая, кг	
		Доза навоза, т/га				
		0	8	16	8	16
Кукуруза*, зеленая масса	Контроль	121	214	265	233	180
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₁₈₀	210	313	400	258	238
Яровая пшеница, зерно	Контроль	11,0	22,2	37,6	28,0	33,3
	N ₆₀ P ₆₀ K ₁₂₀	28,9	38,9	53,4	25,0	30,6
Вико-овсяная смесь, зеленая масса	Контроль	94	111	200	43	133
	N ₉₀ P ₆₀ K ₁₈₀	147	240	307	233	200
Озимая пшеница, зерно	Контроль	35,1	37,5	43,0	6,0	9,9
	N ₉₀ P ₆₀ K ₁₈₀	46,0	52,5	62,5	16,3	20,6
Люпин узколистный, зерно	Контроль	15,3	22,6	25,0	18,3	12,1
	P ₆₀ K ₁₈₀	23,4	28,6	30,0	13,0	8,3
Севооборот, ц. к.ед. 1999–2003 гг.	Контроль	24,0	33,6	44,8	24,0	26,0
	N ₇₂ P ₆₀ K ₁₆₈	39,0	51,8	64,4	32,0	31,8

* Навоз вносился под кукурузу

Наиболее экономически оправданной является прямоточная технология внесения навоза, при которой подстилочный навоз приготавливается, складывается и хранится на ферме и вывозится на поля на расстояние до 5–6 км. Затраты на транспортировку по прямоточной технологии составляют 1,90 \$/т, а по перевалочной – 2,64 \$/т. При дозе внесения 40 т/га навоза экономия средств составляет 29,6 \$/га, а при 80 т/га 59,2 \$/га.

Достоверная прибавка урожая зерна озимой ржи и картофеля получена при внесении как торфонавозных, так и лигнинонавозных компостов на дерново-подзолистых песчаных и супесчаных почвах в опытах Института почвоведения и агрохимии (таблица 2.10). Исследования проводились в севообороте: горохо-овсяная смесь – озимая рожь + промежуточная культура (яровой рапс) – картофель – ячмень + промежуточная культура (горчица белая) – яровой рапс (на семена). Торфонавозные (ТНК) и лигнинонавозные (ЛНК) компосты вносили под озимую рожь в дозе 30 т/га и под картофель – 60 т/га. Незначительное увеличение урожайности зерна ячменя и ярового рапса отмечалось в последствии торфонавозных и лигнинонавозных компостов.

Таблица 2.10 – Действие и последствие лигнинонавозного и торфонавозного компостов на урожайность культур на дерново-подзолистых почвах, 1990–1996 гг.

Вариант	Доза компостов, т/га			
	30		60	
	Озимая рожь		Картофель	
	Урожайность, ц/га	+/- от ОУ*	Урожайность, ц/га	+/- от ОУ
Дерново-подзолистые песчаные почвы				
Контроль	22,4	–	156	–
НРК	30,0	–	197	–
НРК + ТНК	31,7	1,7	223	26
НРК + ЛНК	33,4	3,4	221	24
НСР _{0.05}	1,5		21,5	
Дерново-подзолистые супесчаные, подстилаемые моренными суглинками				
Контроль	20,0	–	162	–
ТНК	23,6	3,6	190	28
ЛНК	23,2	3,2	194	32
НРК	25,8	–	209	–
НРК + ЛНК	26,2	0,4	222	13
НСР _{0.05}	1,4		9,5	

* ОУ – органические удобрения

Применение органических удобрений экономически обосновано при их внесении в рекомендуемых дозах и максимально допустимом насыщении севооборотов высокорентабельными сельскохозяйственными культурами. Так, в исследованиях Института радиологии на дерново-подзолистой супесчаной почве с низким содержанием гумуса (1,4 %) показано, что с увеличением дозы навоза с 20 до 40 т/га под картофель (рекомендуемая доза 40–50 т/га) чистый доход возрастал с 177 до 286 \$/га (таблица 2.11).

Таблица 2.11 – Урожайность картофеля при внесении различных доз подстильного навоза, ц/га

Вариант	Урожайность, ц/га	Затраты, \$/га	Чистый доход, \$/га	Рентабельность, %
НРК + доломитовая мука 1,5 Нг-фон (контроль)	298			
Фон + навоз 20 т/га	328	123	177	144%
Фон + навоз 40 т/га	350	235	286	122%
НСР _{0.05}	26,5			

Внесение органических удобрений при коренном улучшении луговых угодий является обязательным приемом повышения содержания органического вещества в почве, обеспеченности элементами питания и продуктивности вновь созданных травостоев. Исследованиями Института радиологии на неокультуренной дерново-подзолистой слабоподзоленной глееватой песчаной почве показано, что в среднем за три года после коренного улучшения наибольшая продуктивность сена многолетних злаковых трав 78,9 ц/га получена при внесении 60 т/га навоза на фоне минеральных удобрений (таблица 2.12).

Таблица 2.12 – Влияние органических удобрений на урожайность сена многолетних злаковых сеяных трав при коренном улучшении суходольного луга, 1998–2000 гг. (гумус 1,7–2,2 %; рН_{KCl} – 3,5–3,9; К₂O – 57–80 мг/кг; Р₂ O₅ – 25–31 мг/кг почвы)

Вариант опыта	Урожайность сена, ц/га	Прибавка сена от 1 т ОУ, к. ед.	Рентабельность, %
Естественный травостой	11,6	–	–
N ₉₀ P ₁₀₀ K ₁₅₀ + доломитовая мука 15 т/га–фон	47,2	–	-34,2
Фон + сапропель 40 т/га почвы	63,2	20,0	-14,9
Фон + сапропель 80 т/га	71,5	15,2	-17,6
Фон + навоз 60 т/га	78,9	26,4	4,7
НСР ₀₅	3,8		

Обобщение многолетних исследований, проведенных на всей территории республики, показывает, что рациональное использование органических удобрений позволяет получить дополнительную прибавку урожая сельскохозяйственных культур 30–40 к.ед. с 1 т внесенных удобрений (таблица 2.13).

Таблица 2.13 – Окупаемость подстилочного навоза прибавками урожая основных культур (в первый год действия)

Культура	Доза навоза, т/га	Окупаемость урожаем 1 т навоза	
		кг продукции	к. ед.
Озимые зерновые, зерно	20–30	21–23	30–32
Картофель	40–60	100–110	30–40
Сахарная свекла	50–60	120–130	37–40
Кормовые корнеплоды	40–60	140–170	25–30
Кукуруза, зеленая масса	40–60	140–190	28–33
Все с/х культуры на пашне		–	30

Разработка системы удобрения под культуры, возделываемые на загрязненных землях, ориентирована на получение наибольшего дохода с наименьшей концентрацией радионуклидов в произведенной продукции.

В исследованиях, проведенных в Институте почвоведения и агрохимии НАН Беларуси, было установлено, что сбалансированное применение минеральных и органических удобрений позволяет уменьшить в 1,5–2,5 раза переход ^{137}Cs и ^{90}Sr из почвы в растения (таблица 2.14). Прибавка урожая сена от внесения 1 т навоза составила 52,8 кг или 26,4 к.ед. В то же время внесение сапропелей в дозах 40 и 80 т/га из-за высоких затрат на их добычу и внесение было экономически не оправдано.

В условиях опыта продукция растениеводства по содержанию ^{137}Cs соответствовала нормативам РДУ-99, по содержанию ^{90}Sr зерно и зеленая масса превышала допустимые нормативы. Это обуславливалось тем, что в отличие от ^{137}Cs основная доля ^{90}Sr в почве находится в подвижной форме и доступна растениям (Богдевич И. М., Подоляк А. Г. и др., 2004).

Минимальное накопление ^{90}Sr в продукции, ниже нормативов РДУ-99 при плотности загрязнения 37 кБк/м², было установлено при внесении минеральных удобрений с высокой дозой калия на фоне 16 т/га навоза (таблица 2.14).

Таблица 2.14 – Удельная активность (УА) ^{137}Cs и ^{90}Sr в продукции сельскохозяйственных культур, Бк/кг, 1999-2003 гг. (данные приведены для плотности загрязнения почв ^{137}Cs 370 кБк/м² и ^{90}Sr 37 кБк/м²)

Культура	Вариант	УА ^{137}Cs , Бк/кг УА ^{90}Sr , Бк/кг					
		Доза навоза, т/га					
		0	8	16	0	8	16
Кукуруза, зеленая масса	Контроль	28,9	21,5	16,6	88,5	76,2	69,2
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₁₈₀	17,4	13,8	12,5	77,7	58,5	35,4
Яровая пшеница, зерно	Контроль	9,7	6,7	7,2	43,5	26,6	20,1
	N ₆₀ P ₆₀ K ₁₂₀	4,8	3,6	3,4	37,8	21,2	10,9
Вико-овсяная смесь, зеленая масса	Контроль	22,2	12,2	10,8	89,3	86,8	82,7
	N ₉₀ P ₆₀ K ₁₈₀	8,3	6,6	5,4	84,4	79,8	83,1
Озимая пшеница, зерно	Контроль	8,2	6,2	5,9	17,9	18,0	13,2
	N ₉₀ P ₆₀ K ₁₈₀	4,9	3,9	3,3	17,8	11,9	8,9
Люпин узколистый, зерно	Контроль	190	153	111	77	61	37
	P ₆₀ K ₁₈₀	141	93	67	66	38	25

Это позволило снизить удельную активность зеленой массы кукурузы по ^{90}Sr с 88,5 до 35,4 Бк/кг или в 2,5 раза, зерна яровой

пшеницы – с 43,5 до 10,9 Бк/кг или в 4 раза, зерна озимой пшеницы – с 17,9 до 8,9 Бк/кг или в 2 раза, зерна люпина – с 77 до 25 Бк/кг или в 3 раза по сравнению с контролем на фоне без навоза. Изменение удельной активности зеленой массы вико-овсяной смеси под влиянием изучаемых факторов незначительное. Это обусловлено тем, что с повышением обеспеченности почв элементами питания в смеси доля вики яровой, характеризующейся более высоким накоплением ^{90}Sr , возросла до 2 раз по отношению к овсу. Поэтому при возделывании вико-овсяной смеси на плодородных почвах необходимо снижение нормы высева вики яровой по отношению к овсу.

Влияние минеральных удобрений на переход ^{90}Sr из почвы в растения на безнавозном фоне и при внесении 8 т/га навоза менее выражено. На фоне 8 т/га навоза накопление ^{90}Sr в продукции снижалось в 1,4–2,0, а на безнавозном фоне – в 1,1–1,3 раза.

Расчет доз азотных удобрений при возделывании культур на загрязненных почвах основывается на сбалансированности всех элементов питания с учетом действия и последствий органических удобрений. Экспериментальные данные свидетельствуют, что избыточное азотное питание растений повышает в 1,2–1,3 раза поступление радионуклидов в растения по сравнению с оптимальной дозой азота.

Важно также отметить, что внесение подстилочного навоза, произведенного на данной загрязненной территории, не приводит к увеличению накопления радионуклидов в почве и не повышает их переход из почвы в растения.

Использование установленных экспериментальных данных в производственной практике позволяет возделывать сельскохозяйственные культуры на продовольственные цели на более загрязненных ^{90}Sr землях, что, в свою очередь, способствует повышению рентабельности производства.

Внесение торфонавозных и лигнинонавозных компостов на дерново-подзолистых супесчаных почвах, загрязненных радионуклидами, в равной степени эффективно снижало переход ^{137}Cs из почвы в продукцию на 10–62 %, а ^{90}Sr – на 7–43 % по отношению к контролю. Экспериментальные данные позволили сделать заключение, что нейтрализованный лигнин может быть широко использован в качестве органического удобрения на почвах, загрязненных радионуклидами, под основные сельскохозяйственные культуры. Это приводит не только к повышению обеспеченности почв органическим веществом, но и решает экологическую проблему утилизации лигнина в регионах размещения гидролизных заводов.

Резервом пополнения запасов органического вещества и элементов питания в почвах, а также источником увеличения продуктивности пахотных земель и производства кормов являются промежуточные посевы крестоцветных или бобовых, высеваемых после уборки зерновых или зернобобовых культур

Исследованиями установлено, что зеленая масса крестоцветных (яровой рапс, горчица белая) в меньшей степени накапливает радионуклиды, чем бобовые или бобово-злаковые смеси (таблица 2.15). После заправки зеленой массы повышенного перехода радионуклидов из почвы в последующие культуры севооборота не установлено.

Исследованиями Института почвоведения и агрохимии НАН Беларуси и Института земледелия и селекции НАН Беларуси установлено, что наиболее продуктивными промежуточными культурами на дерново-подзолистых почвах является редька масличная, которая обеспечивает высокий и практически одинаковый урожай во влажные и засушливые годы. Менее продуктивными являются горчица белая и рапс яровой.

Таблица 2.15 – Удельное содержание радионуклидов в зеленой массе сельскохозяйственных культур на дерновоподзолистых супесчаных почвах при плотности загрязнения ^{137}Cs - 370 кБк/м² и ^{90}Sr -37 кБк/м²

Вариант	Горохово-овсяная смесь	Горчица белая	Пелюшко-овсяная смесь	Яровой рапс
УА ^{137}Cs , Бк/кг				
Контроль	190	25	73	21
ТНК	132	18	67	20
ЛНК	146	21	37	12
РК	155	17	23	20
РК+ЛНК	134	13	29	19
НСР 0,05	9	3	5	3
УА ^{90}Sr , Бк/кг				
Контроль	826	89	952	393
ТНК	752	64	952	222
ЛНК	777	53	1042	230
РК	629	54	78У ¹	214
РК+ЛНК	715	57	798	150
НСР 0,05	61	18	89	12

В опытах Института радиологии установлено, что внесение подстилочного навоза в дозах 20 и 40 т/га, а также в сочетании с сапропелем снижало переход ^{137}Cs из почвы в зеленую массу кукурузы в 2,3 раза и в клубни картофеля в 1,6 раза к фону НРК. Снижение

накопления ^{137}Cs в продукции отмечалось в последствии органических удобрений на протяжении 3 лет.

Более проблематично производство качественной продукции на землях, загрязненных ^{90}Sr , из-за его большей подвижности в почве по сравнению с ^{137}Cs . В опытах показано, что накопление ^{90}Sr в продукции уменьшалось в 1,2–1,5 раза под влиянием подстилочного навоза и торфонавозных компостов (таблица 2.16). Наименьшее содержание ^{90}Sr в продукции отмечалось при внесении карбонатных сапропелей – в 1,3–2,5 раза. Однако использование сапропелей ограничено высокой стоимостью их добычи и транспортировки.

Таблица 2.16 – Влияние действия и последствие органических удобрений на накопление ^{90}Sr культурами, Бк/кг (при плотности загрязнения почвы ^{90}Sr 37 кБк/м²)

Вариант	Год внесения		Последствие	
	1997 Кукуруза (зелёная масса)	1998 Картофель (клубни)	1999 Ячмень (зерно)	2000 Кукуруза (зелёная масса)
НРК+доломитовая мука 1,5 Нг. фон	158	5	50	142
Фон + навоз 20 т/га	152	3	41	129
Фон + навоз 40 т/га	153	4	42	84
Фон + навоз 20 т/га + торф 60 т/га	149	3	44	58
Фон + сапропель 80 т/га	95	4	28	37
НСР _{0,05}	15,7	0,6	4,4	10,0

Расчеты эффективности применения различных видов органических удобрений при улучшении луговых угодий, выполненные в Институте радиологии, показывают, что на суходольном лугу наиболее эффективно применение 60 т/га подстилочного навоза в комплексе с известкованием и внесением минеральных удобрений (таблица 2.17). При этом достигается наибольшая прибавка урожая сена (78,9 ц/га) и кратность снижения содержания ^{137}Cs (6,2 раза) и ^{90}Sr (1,7 раза).

Результаты исследований, проведенных в научно-исследовательских институтах республики, свидетельствуют, что на загрязненных территориях внесение органических удобрений позволяет до 2,0–3,5 раз снизить накопление радионуклидов в растениях и расширить посевные площади под сельскохозяйственными культурами для производства продукции на продовольственные цели. Для этого можно использовать все имеющиеся в хозяйствах виды ор-

ганических удобрений, обеспечивающие рентабельное производство сельскохозяйственной продукции.

Таблица 2.17 – Накопление радионуклидов в сене многолетних злаковых трав суходольного луга под влиянием органических удобрений (в среднем за 1998–2000 гг., данные приведены для плотности загрязнения почв ^{137}Cs 370 кБк/м², ^{90}Sr 37 кБк/м²)

Вариант	Удельная активность продукции, Бк/кг	
	^{137}Cs	^{90}Sr
Естественный травостой	1036	655
Дискование, вспашка, 15 т/га доломитовая мука + N ₉₀ P ₁₀₀ K ₁₅₀ –фон	207	494
фон + 80 т/га сапропель	226	433
фон + 60 т/га навоз	167	392
НСР _{0,05}	176	37

На практике при планировании доз органических удобрений, следует учитывать уровень планируемых урожаев, гранулометрический состав почвы и содержание в них гумуса. Наиболее высоко окупаются органические удобрения прибавкой урожая пропашных и озимых зерновых культур, имеющих длительный период вегетации, на легких по гранулометрическому составу почвах с низким содержанием гумуса. Поэтому при распределении по полям севооборотов органические удобрения вносят в первую очередь на слабокультуренных почвах.

Рекомендуемые дозы органических удобрений при возделывании сельскохозяйственных культур в зоне радиоактивного загрязнения приведены в таблице 2.18. При этом дозы минеральных удобрений, особенно азотных, под культуры рассчитываются с учетом действия и последствия органических удобрений.

Целесообразно до 60 % заготовленных органических удобрений вносить в весенний период под культуры более позднего сева: кукурузу, частично картофель, однолетние травы, идущие в качестве предшественника под озимые зерновые культуры. До 18 % органических удобрений можно вносить летом на сенокосах и пастбищах при перезалужении и коренном улучшении, а также под озимые, идущие по зерновым предшественникам. Остальную часть органических удобрений вносят с осени под культуры раннего сева: сахарную свеклу, корнеплоды, ранний картофель.

Таблица 2.18 – Рекомендуемые дозы органических удобрений под сельскохозяйственные культуры, возделываемые на загрязненных землях

Культура	Доза органических удобрений (фон), т/га.
Картофель	40–50
Озимые зерновые	20–30
Сахарная свекла	60–70
Кормовая свекла	70–80
Кукуруза	60–80
Многолетние злаковые травы при залужении	30–40

Обобщение экспериментальных данных показывает, что для достижения бездефицитного баланса гумуса дозы органических удобрений должны составлять на связных почвах 10–12 т на 1 га севооборотной площади, а на супесчаных и песчаных почвах – 12–18 т/га (таблица 2.19).

Таблица 2.19 – Рекомендуемые дозы органических удобрений для поддержания бездефицитного баланса гумуса на загрязненных ^{137}Cs и ^{90}Sr землях

Почвы	Доля пропашных в севообороте, %											
	10				20				30			
	Доля многолетних злаково-бобовых трав в севообороте, %											
	15	20	30	40	15	20	30	40	15	20	30	40
Дерново-подзолистые												
Суглинистые	10	9	7	6	14	13	11	10	16	15	13	12
Супесчаные	12	11	9	8	16	15	13	12	18	17	15	14
Песчаные	14	13	11	10	19	18	16	15	–	–	–	–

Для повышения запаса гумуса в пахотном горизонте на 50–150 кг необходимо дополнительное внесение органических удобрений на суглинистой почве в дозе 1–3 т/га, на супесчаной и песчаной почвах – 1,5–3,5 и 1–4 т/га соответственно (Богдевич И. М., Подоляк А. Г. и др., 2004).

На территории радиоактивного загрязнения установлено, что с повышением содержания гумуса в почве от 1 до 3 % накопление радионуклидов в растениях снижается в 1,5–3,5 раза. Это обусловлено снижением биологической доступности радионуклидов за

счет их включения в органоминеральные комплексы почвы, а также повышением обеспеченности почв элементами питания и увеличением урожайности культур («биологическим» разбавлением концентрации радионуклидов).

Следовательно, при ведении сельскохозяйственного производства в условиях радиоактивного загрязнения с целью оптимизации содержания почвенного гумуса и повышения обеспеченности элементами питания растений необходимо задействовать все источники поступления органического вещества в почву – навоз, компосты, торф для компостов, солому, зеленые удобрения. В структуре посевных площадей доля бобовых культур и бобово-злаковых травосмесей должна быть в 2 раза выше, чем пропашных культур.

Наибольшая окупаемость органических удобрений достигается при их внесении под пропашные и озимые зерновые культуры на легких по гранулометрическому составу дерново-подзолистых почвах с низким содержанием гумуса. Сбалансированное применение органических удобрений в рекомендуемых дозах с минеральными удобрениями обеспечивает экономически эффективное ведение сельскохозяйственного производства, в 2,0–3,5 раза снижает переход радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr из почвы в растения. При коренном перезалужении суходольного луга внесение органических удобрений в комплексе с известкованием и минеральными удобрениями и посевом многолетних злаковых трав уменьшает накопление ^{137}Cs в сене в 6,2 раза и ^{90}Sr в 1,7 раза по сравнению с естественным травостоем.

Внесение подстилочного соломистого навоза при возделывании сельскохозяйственных культур на загрязненных радионуклидами почвах не приводит к повышению накопления их в почвах и увеличению перехода в растения, если навоз произведен на данной территории.

В настоящее время актуальной задачей сельскохозяйственного производства в условиях радиоактивного загрязнения является предотвращение потерь органических удобрений, повышение их качества, их сбалансированное применение совместно с минеральными удобрениями с учетом биологических особенностей возделываемых культур с целью рентабельного ведения сельскохозяйственного производства.

Долговременной стратегической задачей является обеспечение выхода растениеводческой продукции с гектара пашни на уровне 40–60 ц к.ед. и луговых угодий– 20–30 ц к.ед. за счет сбалансиро-

ванного применения органических и минеральных удобрений. Поддержание бездефицитного баланса гумуса и элементов минерального питания в почве является обязательным условием стабилизации продуктивности растениеводческой отрасли и производства продукции с меньшим накоплением радионуклидов. С этой целью наряду с рациональным использованием органических удобрений важным направлением является повышение доли многолетних трав на пашне, а также использование дополнительных источников обогащения почв органическим веществом (солома, зеленые удобрения и др.).

2.3. Применение минеральных удобрений

2.3.1. Дозы известковых, фосфорных и калийных удобрений

Для достижения оптимального уровня кислотности почвы в условиях Беларуси разработаны уточненные дозы извести, дифференцированные по плотности радиоактивного загрязнения и гранулометрическому составу почв (таблица 2.20).

Таблица 2.20 – Дозы известковых удобрений на дерново-подзолистых почвах

Почва	рН _{КС1}	Доза СаСО ₃ на не загрязненных землях, т/га	Доза СаСО ₃ на загрязненных землях, (т/га) при плотности, (Ки/км ²)	
			¹³⁷ Cs 5–15 ⁹⁰ Sr 0,15–0,30	¹³⁷ Cs 15–40 ⁹⁰ Sr 0,31–2,99
Пашня				
Суглинистые	<4,5	8,5	8,5	15,0
	4,6–5,0	7,5	7,5	13,0
	5,1–5,5	6,5	6,5	11,0
	5,6–6,0	4,5	4,5	7,0
Супесчаные	<4,5	6,5	6,5	11,5
	4,6–5,0	5,5	5,5	9,5
	5,1–5,5	4,5	4,5	7,0
	5,6–6,0	-	3,0	4,0
Улучшенные сенокосы и пастбища				
Суглинистые	<4,5	9,0	9,0	15,5
	4,6–5,0	8,0	8,0	13,5
	5,1–5,5	6,5	6,5	11,5
	5,6–6,0	4,5	4,5	7,5
Супесчаные	<4,5	7,0	7,0	11,5
	4,6–5,0	6,0	6,0	10,0
	5,1–5,5	4,5	4,5	7,5

	5,6–6,0	-	3,5	5,0
--	---------	---	-----	-----

Они предусматривают, что при плотности загрязнения ^{137}Cs 1–5 Ки/км² и ^{90}Sr 0,15–0,30 Ки/км² дополнительно известкуются рыхлосупесчаные почвы с рН_{КС} 5,51–5,75 и связносупесчаные с рН_{КС} 5,51–6,00. При плотности загрязнения ^{137}Cs 5–40 Ки/км² или ^{90}Sr 0,3–3,0 Ки/км² дозы известковых удобрений повышаются из расчета доведения реакции почвенной среды до оптимального уровня за один прием.

В тех случаях, когда разовая доза превышает 8 т/га, доломитовая мука вносится в два приема: 0,5 дозы под вспашку и 0,5 дозы под культивацию. На сенокосах и пастбищах доломитовая мука преимущественно вносится под предпосевную культивацию во время перезалужения или коренного улучшения.

Как правило, первоочередное известкование проводится на почвах I–II групп кислотности в связи с высоким переходом радионуклидов из данных почв в растения.

Работы по известкованию супесчаных почв с рН 5,5–6,0 при плотности загрязнения земель ^{137}Cs 1–5 Ки/км² или ^{90}Sr 0,2–0,3 Ки/км², а также на всех кислых почвах с плотностью загрязнения ^{137}Cs 5–40 Ки/км² или ^{90}Sr 0,3–3,0 Ки/км² финансируются за счет средств, направляемых на преодоление последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС, то есть из республиканского бюджета.

В условиях Республики Беларусь для известкования используется доломитовая мука (ГОСТ 14050-78). Дозы доломитовой муки в физическом весе (т/га) рассчитываются по следующей формуле:

$$D = H \times 100^3 / M(100 - B) \times (100 - E),$$

где D – доза доломитовой муки в физическом весе (т/га);

H – расчетная доза CaCO₃, т/га (таблица 2.20);

M – содержание действующего вещества в %, (79,7–110,8 %);

B – влажность доломитовой муки, %, (не более 1,5 %);

E – содержание частиц в доломитовой муке крупнее 1 мм, %, (не более 3 %).

Кроме известковых удобрений большое внимание уделяется внесению других удобрений и, прежде всего, фосфорным (таблица 2.21). Потребность в фосфорных удобрениях на загрязненных радионуклидами землях (тонн действующего вещества) определяется путем умножения площади пахотных или кормовых угодий (в гектарах) с данной плотностью загрязнения и содержанием фосфора в почве на нормативную дозу P₂O₅ (Богдевич И. М., 2003).

Таблица 2.21 – Дозы фосфорных удобрений для внесения на загрязненных радионуклидами землях

Почвы	Содержание P_2O_5 , мг/кг почвы	Основные дозы P_2O_5 , кг/га	Дополнительные дозы P_2O_5 (кг/га) при плотности загрязнения, Ки/км ²		
			¹³⁷ Cs 1–5 ⁹⁰ Sr 0,15–0,30	¹³⁷ Cs 5–15 ⁹⁰ Sr 0,31–1,00	¹³⁷ Cs 15–40 ⁹⁰ Sr 1,01–2,99
Пашня					
Дерново-подзолистые, дерновые	менее 60	45	15	30	45
	61–100	40	10	20	30
	101–150	35	5	10	15
	151–250	20	–	5	10
	251–400	10	–	–	–
Улучшенные сенокосы и пастбища					
Дерново-подзолистые, дерновые	менее 60	35	15	30	45
	61–100	30	10	20	30
	101–150	25	5	10	15
	151–250	10	–	5	10
	251–400	–	–	–	5
	>400	–	–	–	–

Дополнительные дозы фосфорных удобрений дифференцированы в зависимости от содержания фосфора в почвах и плотности загрязнения радионуклидами.

Многочисленными исследованиями установлено, что внесение калийных удобрений при сбалансированном азотно-фосфорном питании приводит не только к существенному уменьшению поступления из почвы в растения ¹³⁷Cs, но и ⁹⁰Sr. Также как известковые и фосфорные удобрения для загрязненных почв дозы калия дифференцированы в зависимости от типов почв и содержания в них обменного калия (таблица 2.22).

При внесении калийных удобрений предусмотрен приоритет почв с высокой плотностью загрязнения радионуклидами, где повышение обеспеченности почв калием должно идти более быстрыми темпами. Расчет основных и дополнительных доз калийных удобрений проводится путем умножения соответствующих площадей (по типу почв, содержанию подвижного калия в почве, плотности загрязнения) на нормативные дозы K_2O в соответствии с таблицей 2.22.

Для предотвращения избыточных доз калийных удобрений и ухудшения качества продукции введены ограничения: на почвах с высоким содержанием обменного калия (содержание K_2O более 300 мг/кг на минеральных почвах) предусматривается внесение ми-

нимальных основных доз калийных удобрений из расчета компенсации 50 % выноса калия с урожаем.

Таблица 2.22 – Дозы калийных удобрений на загрязненных радионуклидами землях

Почвы	Содержание K_2O , мг/кг почвы	Основные дозы K_2O , кг/га	Дополнительные дозы K_2O (кг/га) при плотности загрязнения, Ки/км ²		
			¹³⁷ Cs 1–5 ⁹⁰ Sr 0,15–0,30	¹³⁷ Cs 5–15 ⁹⁰ Sr 0,31–2,00	¹³⁷ Cs 15–40 ⁹⁰ Sr 2,01–2,99
Пашня					
Дерново-подзолистые, дерновые	менее 80	100	50	100	150
	81–140	90	30	60	90
	141–200	80	20	40	60
	201–300	55	15	30	45
	>300	–	–	–	–
Сенокосы и пастбища					
Дерново-подзолистые, дерновые	менее 80	80	40	80	120
	81–140	70	30	60	90
	141–200	60	20	40	60
	201–300	45	15	30	45
	>300	–	–	–	–

Из вышеприведенного следует, что применение минеральных удобрений на загрязненных сельскохозяйственных землях даёт существенный радиологический эффект. Например, путём применения перечисленных агрохимических контрмер, ареал возделывания клевера лугового можно расширить практически в два раза: чистую продукцию, соответствующую РДУ-99, можно получать на почвах с плотностью загрязнения радионуклидами в два раза выше, чем без удобрений.

2.3.2. Применение азотных удобрений

Среди агрохимических контрмер важная роль отводится регулированию азотного питания растений, так как азотные удобрения оказывают существенное влияние на поступление радионуклидов в растениеводческую продукцию. Недостаток азота в почве приводит к снижению продуктивности растений, что способствует увеличению концентрации радионуклидов в продукции. В свою очередь

применение высоких доз азотных удобрений также усиливает накопление радионуклидов в растениях.

При возделывании сельскохозяйственных культур на загрязненных землях введены ограничения на использование азотных удобрений, определены максимально допустимые их дозы в зависимости от видовых особенностей растений. В то же время на дерново-подзолистых легких по гранулометрическому составу почвах, бедных элементами минерального питания, особенно азотом, для обеспечения высокой продуктивности необходимо внесение соответствующих доз азотных удобрений.

Следует отметить, что за длительный послеаварийный период масштабная и системная реализация защитных мер, таких как известкование кислых почв, применение повышенных доз фосфорных и калийных удобрений, позволила (наряду с естественным радиоактивным распадом) не только существенно снизить подвижность и биологическую доступность ^{137}Cs , но и значительно улучшить агрохимические показатели плодородия почв. Особенно это касается наиболее загрязненных земель ($> 5 \text{ Ки/км}^2$ (185 kBк/м^2), где вносятся дополнительные повышенные дозы фосфорных и калийных удобрений. Все позитивные изменения в радиоэкологической обстановке определяют необходимость совершенствования рекомендаций по применению азотных удобрений в условиях радиоактивного загрязнения.

2.3.2.1 Влияние доз и сроков внесения азотных удобрений на поступление ^{137}Cs в растения при разных уровнях калийного питания

Как было уже отмечено, высокие дозы азотных удобрений усиливают поступление ^{137}Cs в сельскохозяйственные культуры. Увеличение поглощения радионуклида объясняется повышением подвижности его в почве под влиянием азотистых соединений, а также в результате сдвига в соотношениях элементов в почвенном растворе при внесении азота (Моисеев И. Т. и др., 1992; Пристер Б. С. и др., 1996). Из результатов исследований некоторых авторов можно увидеть, что азотные удобрения обладают мобилизующим действием на ^{137}Cs почвы (Моисеев И. Т., 1988). Более высокое накопление радионуклида в растениях на удобренных вариантах объясняется усилением минерализации, способствующей повышению содержания доступного азота в почве, сужению отношения $\text{N} : \text{K}$ и высвобождению ^{137}Cs

из легко минерализуемых органических компонентов почвы и активизацией поглотительной деятельности корневой системы (Тулина А. С. и др., 2007).

Результаты изучения разных доз и сроков внесения азотных удобрений на дерново-подзолистой супесчаной почве на поступление ^{137}Cs в зерновые культуры показали, что удельная активность ^{137}Cs в зерне даже при повышенных дозах азота (120 кг/га) не превышает 30 Бк/кг. При допустимом уровне на зерно для переработки на пищевые цели 90 Бк/кг, на зерно на детское питание – 55 Бк/кг, то есть была ниже в 3,0 и 1,8 раза соответственно. Влияние азотных удобрений на содержание ^{137}Cs в продукции во многом зависит от уровня калийного питания растений – с повышением доз калийных удобрений отрицательное действие азота снижается.

На ячмене применение азота в дозе N_{60} перед посевом существенно повышает коэффициенты перехода ^{137}Cs (Кп) в зерно по отношению к фонам без азота – $\text{P}_{60}\text{K}_{90}$ и $\text{P}_{60}\text{K}_{120}$. Однократное (до посева) и дробное (до посева и в фазу выхода в трубку растений) внесение 90 кг/га азота удобрений достоверно увеличивает Кп по отношению к вариантам с N_{60} на фонах $\text{P}_{60}\text{K}_{90}$ и $\text{P}_{60}\text{K}_{120}$, а на фоне $\text{P}_{60}\text{K}_{150}$ различия были несущественными. Такая же закономерность отмечалась при дробном применении N_{120} . Более существенный переход ^{137}Cs в зерно по отношению к варианту с дробным внесением N_{90} наблюдался на низком ($\text{P}_{60}\text{K}_{90}$) и среднем ($\text{P}_{60}\text{K}_{120}$) фонах калийного питания (таблица 2.23).

Сравнивая влияние одной и той же дозы азотных удобрений в зависимости от уровней калийного питания растений, можно отметить, что достоверно более низкие Кп получены на высоком уровне (K_{150}) применения калийных удобрений. На низком и среднем уровнях различия несущественные. Минимальными коэффициентами перехода ^{137}Cs в зерно отличались варианты $\text{N}_{60}\text{P}_{60}\text{K}_{150}$ и $\text{N}_{90}\text{P}_{60}\text{K}_{150}$, которые составили соответственно 0,012 и 0,013 Бк/кг : кБк/м².

На озимой ржи действие азотных удобрений на коэффициенты перехода радиоцезия в продукцию было несколько иным. Ранневесенняя азотная подкормка озимой ржи дозой N_{60} достоверно повысила Кп по отношению к вариантам $\text{P}_{60}\text{K}_{90}$ и $\text{P}_{60}\text{K}_{120}$. Применение этой же дозы азота удобрений на фоне $\text{P}_{60}\text{K}_{150}$ несущественно увеличило переход ^{137}Cs в зерно по сравнению с фоновым вариантом. Азотная подкормка озимой ржи в дозе N_{90} (в один прием и дробно) на всех уровнях калийного питания растений не привела к увеличению интенсивности перехода радиоцезия по сравнению с N_{60} .

Существенное повышение этого показателя наблюдалось только при дробном применении 120 кг/га азота удобрений.

Таблица 2.23 – Коэффициенты перехода ^{137}Cs в зерно в зависимости от доз и сроков внесения азотных удобрений на разных уровнях применения калия (Бк/кг: кБк/м²)

Дозы и сроки внесения азотных удобрений	Уровни применения калийных удобрений		
	P ₆₀ K ₉₀	P ₆₀ K ₁₂₀	P ₆₀ K ₁₅₀
Ячмень			
N ₀	0,014	0,013	0,013
N ₆₀	0,017	0,017	0,012
N ₉₀	0,020	0,020	0,013
N ₆₀ +N ₃₀ »	0,021	0,020	0,016
N ₉₀ +N ₃₀ »	0,025	0,023	0,018
НСР ₀₅ = 0,003			
Озимая рожь			
N ₀	0,017	0,016	0,016
N ₆₀	0,022	0,021	0,015
N ₉₀	0,022	0,021	0,014
N ₆₀ +N ₃₀ »	0,024	0,022	0,014
N ₉₀ +N ₃₀ »	0,025	0,025	0,020
Овес			
N ₀	0,026	0,023	0,021
N ₆₀	0,030	0,029	0,022
N ₉₀	0,039	0,036	0,024
N ₆₀ +N ₃₀ »	0,038	0,034	0,023
N ₉₀ +N ₃₀ »	0,046	0,037	0,025
НСР ₀₅ = 0,007			

В исследованиях с озимой рожью так же, как и с ячменем, коэффициенты перехода ^{137}Cs в зерно при внесении одних и тех же доз азотных удобрений на разных фонах калия достоверно снижались только на фоне K₁₅₀. Различия между фонами K₉₀ и K₁₂₀ были незначительными. Наиболее низкие Kп ^{137}Cs в зерно озимой ржи (0,014) были в вариантах с однократным и дробным применением 90 кг/га азота на фоне P₆₀K₁₅₀

Овес характеризовался более высокими параметрами перехода радионуклида в урожай по сравнению с ячменем и озимой рожью. При внесении перед посевом овса N₆₀ не установлено достоверного увеличения коэффициентов перехода ^{137}Cs в зерно на всех изучаемых фонах РК. Применение азотных удобрений в дозах N₉₀ в один прием (до посева) и дробно (N₆₀ до посева + N₃₀ в фазу выхода

в трубку растений), а также N_{120} дробно (N_{90} до посева + N_{30} в фазу выхода в трубку растений) способствовало существенному повышению K_p только на низком фоне калийного питания ($P_{60}K_{90}$). Коэффициенты перехода ^{137}Cs в зерно овса при внесении одних и тех же доз азотных удобрений на разных фонах калия достоверно снижались при дозах 60–90 кг/га азота на фоне K_{150} , при дозе 120 кг/га – на фонах K_{120} и K_{150} . Наиболее низкие K_p ^{137}Cs в овес (0,021–0,024) отмечены на среднем и высоком фонах РК ($P_{60}K_{120}$, $P_{60}K_{150}$), а также в вариантах с применением 60–90 кг/га азота на фоне $P_{60}K_{150}$.

Таким образом, увеличение накопления ^{137}Cs в зерновых культурах при внесении азотных удобрений определяется не только повышением их доз, но также зависит от уровня применения калийных удобрений, то есть от сбалансированности азотного и калийного питания растений.

Далее была проведена оценка влияния соотношения доступных растениям соединений азота и калия в почвенном профиле на параметры поступления ^{137}Cs в продукцию зерновых культур. Общее содержание доступного растениям K_2O в почве определяли как сумму подвижного калия в 0–25 см слое почвы на начало вегетации и калия вносимых удобрений. Содержание доступного растениям азота рассчитывали как сумму потенциально усвояемого азота (азот нитратов, обменного аммония и минерализуемых в течение вегетационного периода органических соединений) в пахотном слое почвы и азота удобрений.

Между соотношением $N : K$, с одной стороны, удельной активностью ^{137}Cs в зерне и коэффициентами перехода радионуклида в зерновые культуры, с другой стороны, рассчитывались корреляционные зависимости. Была установлена обратно пропорциональная зависимость между поступлением ^{137}Cs из почвы в зерновые культуры и соотношением $N : K$ в почве. Корреляционная зависимость между анализируемыми показателями описана квадратичными уравнениями (таблица 2.24).

Между соотношением $N : K$ и коэффициентами перехода ^{137}Cs в зерновые культуры высокая связь получена на ячмене и озимой ржи (R_2 составил 0,70 и 0,68 соответственно), на овсе установлена заметная связь – $R_2 = 0,61$.

Полученные экспериментальные данные свидетельствуют о том, что накопление ^{137}Cs в растениях при внесении азотных удобрений обусловлено соотношением доступных для растений форм азота и калия в почве. Минимальное поступление ^{137}Cs в зерновые культуры

отмечалось при соотношении N : K в почве в диапазоне 1 : 3,8–4,2. Внесение повышенных доз азотных удобрений на низком фоне калийных удобрений сужало это соотношение. Заметное увеличение накопления ^{137}Cs в зерне наблюдалось при сужении соотношения азота к калию менее, чем 1: 3,5.

Таблица 2.24 – Зависимость поступления ^{137}Cs из почвы в зерновые культуры от соотношения N : K в почве

Культура	Уравнение регрессии	R	R2
Удельная активность ^{137}Cs в зерне			
Ячмень	$y = 1,0558x^2 - 9,9036x + 29,674$	-0,91	0,83
Озимая рожь	$y = 1,116x^2 - 9,9667x + 30,306$	-0,88	0,78
Овес	$y = 2,5707x^2 - 22,522x + 60,807$	-0,84	0,70
Коэффициенты перехода ^{137}Cs в зерно			
Ячмень	$y = 0,0022x^2 - 0,0199x + 0,057$	-0,84	0,70
Озимая рожь	$y = 0,0028x^2 - 0,0239x + 0,0653$	-0,83	0,68
Овес	$y = 0,0049x^2 - 0,0422x + 0,1129$	-0,78	0,61

Эффективность азотных удобрений определяется не только дозами, но и сроками их внесения. Формирование высокой урожайности зерна предусматривает применение повышенных доз азотных удобрений, поэтому одним из условий высокой их эффективности является дробное внесение.

Под озимую пшеницу и озимое тритикале предусматривается до 4–5 сроков применения азота – перед посевом (если это необходимо), в ранневесеннюю подкормку, в начале фазы выхода в трубку растений, в фазу последнего листа и в начале фазы колошения.

Под озимую рожь достаточно трех сроков внесения азотных удобрений – перед посевом (если это необходимо), в ранне-весеннюю подкормку, в начале фазы выхода в трубку растений.

Необходимость внесения азотных удобрений с осени определяется рядом факторов. Дозу азота 20–30 кг/га рекомендуется вносить с осени в случаях:

- при размещении после зерновых культур;
- при поздней предпосевной вспашке;
- если структура почвы плохая, слишком уплотненная и глыбистая;
- при неблагоприятных условиях сева и сроках сева, запоздалых на 5–10 дней после оптимального;
- если осенняя погода слишком влажная и холодная.

Азотные удобрения не вносятся с осени, если:

- предшественник – зернобобовые или многолетние бобовые и злаково-бобовые травы;
- вносятся органические удобрения;
- содержание гумуса на суглинистых почвах – более 2,0 %, супесчаных – более 1,8 %;
- вносятся комплексные удобрения, содержащие в своем составе азот.

Первая азотная подкормка озимых зерновых культур проводится в начале весенней вегетации растений, когда сумма положительных температур достигнет 100 °С и среднесуточная температура воздуха превысит +5°С, появятся молодые корешки. Провести ее необходимо в максимально сжатые сроки (не более чем за 10 дней), поскольку при поздних сроках подкормки на боковых побегах сформируется укороченный колос, который не дает полноценного зерна или не успеет созреть к началу уборки.

Оптимальная доза ранневесенней азотной подкормки колеблется от 50 до 70 кг/га в зависимости от плотности стеблестоя и состояния посевов. Под озимую пшеницу и озимую рожь доза азота в ранневесеннюю подкормку при плотности стеблестоя 800–1000 штук/м² – 50–60 кг/га, при плотности побегов 600–700 штук/м² доза увеличивается на 15–20 %. Изреженные и слаборазвитые посевы подкармливаются в первую очередь. При густоте более 1000 штук/м² доза азотных удобрений не превышает 30–40 кг/га.

Основной потенциал урожайности озимых зерновых культур формируется в начале фазы выхода в трубку (над поверхностью почвы прощупывается первый узел). Поэтому вторая подкормка озимых зерновых культур проводится не в середине, а в начале фазы выхода в трубку растений в дозе 30–40 кг/га д. в.

Перенос внесения части азота на более поздние сроки (начало фазы выхода в трубку, фазы раскрытия флаг-листа и колошения) осуществляется также и с целью предотвращения чрезмерного кущения растений и нарастания биомассы, что может привести к полеганию посевов, ухудшению их освещенности, снижению интенсивности фотосинтеза, распространению болезней. Завышенные дозы азотной подкормки при возобновлении весенней вегетации посевов могут быть неэффективными как в засушливых условиях, так и при переувлажнении.

Для получения урожайности зерна 60–80 ц/га общая доза азота может составлять в зависимости от обеспеченности почвы доступными растениям соединениями азота и сортовых особенностей

160–180 кг/га. Поэтому в фазу последнего листа (флаг-листа) посеы озимой пшеницы и тритикале следует еще раз подкормить азотом (40–50 кг/га д. в.).

Четвертая азотная подкормка проводится на озимой пшенице в фазу колошения в дозе 10–15 кг/га с целью повышения содержания белка и клейковины в зерне.

Из группы яровых зерновых культур (пшеница, ячмень, тритикале, овес) наиболее требовательна к почвенным условиям яровая пшеница, для возделывания которой пригодны только хорошо окультуренные дерново-подзолистые суглинистые и супесчаные на морене почвы.

Яровой ячмень и яровое тритикале лучше произрастают на дерново-подзолистых суглинистых и супесчаных почвах, а также на осушенных торфяно-болотных почвах низинного типа. Овес менее требователен к плодородию почвы и может хорошо произрастать на самых различных почвах благодаря способности развивать более мощную корневую систему и переносить повышенную кислотность.

Период вегетации яровых зерновых культур короче, чем озимых, корневая система их менее развита, и они слабее кустятся. Эти особенности обуславливают необходимость их полноценного минерального питания в течение всего вегетационного периода.

Наибольшую потребность в азоте яровые зерновые культуры испытывают в период от начала кущения до выхода в трубку. За этот период они поглощают около 40 % азота, потребляемого за вегетацию.

Ориентировочные дозы азотных удобрений на разных почвах в зависимости от планируемой урожайности приведены в таблице 2.25.

Таблица 2.25 – Ориентировочные дозы азотных удобрений под яровые зерновые культуры на разных почвах в зависимости от планируемой урожайности (Лапа В. В. и др., 2007)

Планируемая урожайность, ц/га	Почвы		
	суглинистые и супесчаные на морене	супесчаные на песках и песчаные	торфяно-болотные
21–30	50–70	60–80	20–25
31–40	70–80	80–90	25–30
41–50	80–100	90–110	30–35
51–60	100–120	–	35–40
61–70	120–130	–	40–45

При размещении яровой пшеницы, ячменя и тритикале после пропашных культур с последствием 50–60 т/га органических удобрений,

оптимальная доза азотных удобрений, в основное внесение на суглинистых и супесчаных на морене почвах, составляет 60 кг/га. После зерновых, крестоцветных и других не бобовых предшественников – 80 кг/га.

Если расчетная доза азота не превышает 60 кг/га, то ее эффективнее вносить в один прием под предпосевную культивацию. Более высокие дозы азотных удобрений с целью снижения полегаемости растений применяют дробно. Подкормки посевов эффективны при недостаточном основном внесении азота, планировании высокой урожайности (более 40 ц/га), при достаточном увлажнении почвы, а также при неблагоприятных условиях нитрификации и мобилизации почвенного азота.

Первая азотная подкормка посевов яровых зерновых культур проводится в начале фазы выхода в трубку растений. Доза азота определяется по результатам растительной диагностики.

Азотные подкормки отдельных яровых зерновых культур имеют некоторые особенности. С целью повышения содержания клейковины в продовольственном зерне яровой пшеницы и белка в зерне ячменя на пищевые цели рекомендуется вторая азотная подкормка в фазу колошения в дозе 10–15 кг/га. При возделывании ячменя на пивоваренные цели азот вносится в один прием в связи с ограничениями по белку (9–12 % при оптимальном содержании 10,5 %).

Однолетние бобово-злаковые смеси (вика – овес, горох – овес, пелюшка – овес, люпин – овес) могут возделываться для получения зеленого корма, силоса, сенажа, зернофуража и семян. Однолетние бобово-злаковые смеси хорошо отзываются на внесение минеральных удобрений. Оптимальные дозы азотных удобрений – 60–80 кг/га действующего вещества. Увеличение доз азота не приводит к адекватному росту продуктивности и ухудшает качество корма из-за усиления накопления радионуклидов в растениях. Ориентировочные дозы азотных удобрений на разных почвах в зависимости от планируемой урожайности приведены в таблице 2.26.

Таблица 2.26 – Ориентировочные дозы азотных удобрений под однолетние бобово-злаковые смеси на разных почвах в зависимости от планируемой урожайности (Лапа В. В. и др., 2007)

Планируемая урожайность, ц/га зеленой массы	Суглинистые и супесчаные на морене почвы	Супесчаные на песках и песчаные почвы
100–200	30–40	40–50
201–300	40–55	50–60
301–400	60–70	60–80
401–500	70–80	–

Многолетние травы. Бобовые многолетние травы способны усваивать атмосферный азот, и поэтому вносить азотные удобрения под бобовые травы в чистом виде не рекомендуется. Как правило, многолетние травы высевают под покров зерновых культур и однолетних трав. Они хорошо отзываются на повышенные дозы фосфорных и калийных удобрений под покровную культуру, отрицательно – на высокие дозы азотных удобрений. Избыток азота и загущенные посевы вызывают полегание зерновой культуры и выпадение растений бобовых. Поэтому под покровную культуру, где планируется подсев клевера, рекомендуется не более 60 кг/га азота.

Проведение подкормок азотом наиболее эффективно под злаковые травы, а также на посевах клеверо-злаковой травосмеси во втором году пользования, когда клевер сильно изреживается, а оставшийся злаковый компонент нуждается в дополнительном питании. Эффективность азотных удобрений зависит от доли бобового компонента.

При наличии в составе травостоя > 30% бобовых трав действие азота снижается. Однако в засушливые годы для повышения отавности злаковых трав целесообразно применять под второй укос азот в дозе 50–60 кг/га д. в. При наличии в составе травостоя 40–50% и более бобовых трав применение азота нецелесообразно. При наличии в составе травостоя < 30% бобовых трав проводятся азотные подкормки дозами 40–50 кг/га рано весной и после каждого укоса. На старовозрастных бобово-злаковых травостоях с низким содержанием бобовых применяются полные дозы азота – до 150–180 кг/га.

На злаковых травах при 2- и 3-укосном использовании и удовлетворительном увлажнении дозы азота составляют 180–220 кг/га. При нормальном увлажнении общую дозу азота распределяют равномерно под все укосы. На злаковых травах сенокосного использования, склонных к полеганию (овсяница луговая, лисохвост луговой), разовая доза не должна превышать 60 кг/га, на устойчивых к полеганию (кострец безостый, тимофеевка луговая) – 90–100 кг/га. При неустойчивом увлажнении под первый укос вносится 60 % общей дозы при 2-укосном использовании и 40–50 % – при 3-укосном.

Весной азотные удобрения вносятся в начале активного отрастания трав при среднесуточной температуре выше +5 °С и сумме положительных температур от начала таяния снега 100–150 °С. При более раннем внесении значительная часть азота теряется при смыве и денитрификации.

2.3.2.2 Влияние форм азотных удобрений на поступление ^{137}Cs в растения

В научной литературе высказываются разные мнения о влиянии на переход радионуклидов из почвы в растения азотных удобрений, содержащих разные формы азотного соединения (нитратную, аммонийную, амидную). Известно, что разные формы азотных удобрений проявляют различное действие на реакцию почвы при их внесении и взаимодействие с почвенно поглощающим комплексом (ППК). Нитратные формы азота (NaNO_3 , $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$) являются физиологически щелочными удобрениями, аммонийные формы $((\text{NH}_4)\text{SO}_4)$ – физиологически кислыми. Амидные формы $(\text{CO}(\text{NH}_2)_2)$ также физиологически кислые, поскольку карбамид, разлагаясь в почве на аммиак и углекислоту, может также способствовать смещению реакции среды в сторону подкисления. Однако после усвоения азота мочевины растениями в почве не остается ни щелочных, ни кислотных остатков.

Усиление поглощения ^{137}Cs при внесении азотных удобрений в аммонийной форме объясняется вытеснением его из мест сорбции гидратированными ионами аммония, имеющих с ^{137}Cs сходный по величине ионный радиус и способных вытеснить его из мест сорбции в почвенный раствор, в том числе и кристаллической решетки минералов (Моисеев И. Т. и др., 1986; Алексахин Р. М. и др., 1992). Однако и NH_4^+ , и K^+ десорбируют ^{137}Cs как с поверхности почвенных частиц, так и с поверхности корней (Handly, R., 1961), но при этом при применении калия содержание ^{137}Cs в растениях многократно уменьшается, а при применении азотных удобрений – увеличивается. Также отмечается (Уорнера Ф. и др., 1999), что прочную связь между $^{137}\text{Cs}^+$ и илистыми частицами почвы может разрушить избыток ионов NH_4^+ . Поэтому внесение аммонийных удобрений по-разному влияет на загрязнение культур. С одной стороны, избыток NH_4^+ в почве приводит к разбавлению $^{137}\text{Cs}^+$, что снижает поглощение, в то же самое время избыток этого катиона может привести к десорбции уже связанного $^{137}\text{Cs}^+$, что увеличивает поглощение. С другой стороны, внесение нитратной формы азота также усиливает поглощение ^{137}Cs растениями, хотя и в меньшей степени (в среднем в 2 раза), чем азот в аммонийной форме (Evans E. J., Dekker A. J., 1968). Этот факт плохо согласуется с известной закономерностью, состоящей в стимуляции притока в растения калия и других катионов (в том числе и ^{137}Cs) на фоне NO_3^- .

Лучшей формой стандартных и медленнодействующих азотных удобрений под яровые и озимые зерновые культуры на дерново-

подзолистых почвах, с точки зрения снижения поступления радионуклидов в растениеводческую продукцию, является мочевины, затем – сульфат аммония и КАС (Пироговская, Г. В, 2000). В других работах (Алексахин Р. М. и др., 1992) отмечается, что мочевины, сульфат аммония и аммиачная селитра по накоплению ^{137}Cs в продукции существенно не различаются.

Исследования на дерново-подзолистых автоморфной и глееватой супесчаных почвах с плотностью загрязнения ^{137}Cs соответственно 14,5 и 13,3 Ки/км² показали, что влияние разных форм азотных удобрений на поступление ^{137}Cs в растения зависит от степени гидроморфности почвы и биологических особенностей возделываемых культур. На автоморфной почве внесение сульфата аммония существенно увеличило содержание радионуклида в зерне и зеленой массе бобово-злаковой смеси. При применении мочевины, аммиачной селитры и КАС не наблюдалось усиления поступления ^{137}Cs в продукцию по сравнению с фосфорно-калийным фоном.

На дерново-подзолистой супесчаной глееватой почве формы азотных удобрений по накоплению ^{137}Cs в зерне бобово-злаковой смеси различались несущественно, а в зеленой массе максимальная активность радионуклида отмечена при внесении мочевины стандартной. Не установлено достоверных различий между изучаемыми формами азотных удобрений в поступлении ^{137}Cs в зерно яровой пшеницы и зеленую массу пайзы. Наблюдалась только тенденция к увеличению активности его в зеленой массе пайзы по отношению к фосфорно-калийному фону при внесении мочевины стандартной.

На основании установленных зависимостей между соотношением N : K в почве и удельной активностью ^{137}Cs в зерне исследуемых зерновых культур определены агроэкологические оптимумы содержания потенциально усвояемого азота в пахотном слое дерново-подзолистой супесчаной почвы, при которых наблюдается минимальное накопление ^{137}Cs в продукции, в зависимости от обеспеченности почвы подвижным калием. С увеличением обеспеченности почвы подвижным калием от низкой (80–140 мг/ кг почвы) до высокой (300–400 мг/кг почвы) агроэкологический оптимум содержания потенциально усвояемого азота в почве возрастает от 20–35 до 75–100 мг/кг почвы. (Семененко Н. Н., 2003). Агрономический оптимум запаса усвояемого азота перед посевом зерновых культур составляет 180 кг/га в песчаных и супесчаных почвах, 200 кг/га – в суглинистых почвах.

На типичных для условий радиоактивного загрязнения дерново-подзолистых супесчаных почвах с содержанием усвояемого азота 145–155 кг/га при средней обеспеченности K_2O наблюдается недостаток калия и избыток азота (узкое соотношение $N : K$), при повышенной обеспеченности калием складывается близкое к оптимальному значению и оптимальное соотношение данных элементов в почве, а при высокой обеспеченности K_2O наблюдается дефицит азота.

Для разных по содержанию подвижного калия групп супесчаных почв определены интервалы оптимального содержания и запасов потенциально усвояемого и минерального азота в 0–25 см слое почвы, обеспечивающие минимальное накопление радиоцезия в продукции (таблица 2.27).

Нормативы оптимального содержания доступного растениям азота в почве предложены в качестве основы дифференцированного применения азотных удобрений под зерновые культуры на землях, загрязненных радионуклидами. Методика установления доз азотных удобрений базируется на принципах почвенной диагностики азотного питания сельскохозяйственных культур, разработанных ранее для не загрязненных радионуклидами почв Беларуси (Семененко Н. Н., 1992, 2005).

Таблица 2.27 – Оптимальный запас азота в 0–25 см слое дерново-подзолистых супесчаных почв в зависимости от обеспеченности подвижным калием

Группа по содержанию калия	Содержание K_2O , мг/кг почвы	Потенциально усвояемый азот		Минеральный азот	
		мг/кг почвы	кг/га	мг/кг почвы	кг/га
Очень низкое	<80	<20	<65	< 10	< 35
Низкое	81–140	20–35	65–115	10–17	35–55
Среднее	141–200	36–50	116–165	18–25	56–80
Повышенное	201–300	51–75	166–245	26–37	81–120
Высокое	301–400	76–100	246–325	38–50	121–165
Очень высокое	>400	> 100	>325	> 50	> 165

Доза азота по каждому конкретному полю (участку) для внесения перед посевом яровых и в ранневесеннюю подкормку озимых зерновых культур рассчитывается как разность между нормативом оптимального и фактического содержания доступного растениям азота в почве. Как правило, дозы удобрений дифференцируются в зависимости от плотности радиоактивного загрязнения и обеспеченности почв подвижным калием. Поэтому для сбалансированного азотного

и калийного питания растений дозы азотных удобрений, рассчитанные по разнице оптимального и фактического содержания азота в почве, необходимо корректировать с учетом применения фиксированных (согласно Инструкции о порядке планирования потребности в материально-технических ресурсах и финансировании для осуществления защитных мероприятий в сельскохозяйственном производстве на территориях радиоактивного загрязнения) доз калийных удобрений.

Современный ассортимент азотных удобрений представлен в основном мочевиной (карбамидом), КАС, сульфатом аммония и аммиачной селитрой.

Карбамид (мочевина) хорошо растворим в воде. В почве он полностью растворяется почвенной влагой и под влиянием уробактерий за 2–3 дня аммонифицируется и превращается в углекислый аммоний, который как соединение, непрочное на воздухе, разлагается с образованием бикарбоната аммония и аммиака. Карбамид можно применять на разных почвах под все культуры. Эффективны некорневые подкормки зерновых культур в период вегетации 8–10 %-ным раствором. Однако при его внесении, если нет осадков и высокая температура воздуха, часть азота может теряться. Потери могут достигать 20–25 %. Поэтому карбамид наиболее пригоден для поверхностного внесения в подкормки ранней весной при достаточном увлажнении почвы.

Сульфат аммония после внесения в почву быстро растворяется в почвенной влаге и вступает в обменные реакции с почвенно-поглощающим комплексом. Поглощенный аммоний доступен для растений и хорошо закрепляется в почве. Поэтому его, как правило, вносят в качестве основного удобрения. Сульфат аммония – физиологически кислое удобрение. Наиболее эффективно его использование под картофель, озимый и яровой рапс, гречиху благодаря присутствию в удобрении серы.

Аммиачная селитра – универсальное азотное удобрение. Она может использоваться в качестве основного удобрения в подкормках. Наибольший эффект от селитры на почвах с оптимальной реакцией среды. Пригодна для разных типов почв и под все сельскохозяйственные культуры. Однако наиболее эффективно применение ее для ранневесенней подкормки озимых зерновых культур и многолетних трав.

В настоящее время широко используется раствор карбамида и аммиачной селитры (КАС), который считается лучшей формой азотных удобрений. Растворы КАС эффективны в качестве некорневых подкормок озимых и яровых зерновых культур. Преимущества

КАС в том, что он не содержит свободного аммиака, исключая потери азота при погрузке, транспортировке и внесении в почву. Стоимость хранения его в два раза меньше, чем твердых азотных удобрений. При внесении КАС достигается точная дозировка и равномерность распределения по площади (не больше 2 %, твердых – 20–30 %). В раствор можно вводить пестициды и реторданты.

Разработаны и производятся новые формы азотных удобрений пролонгированного срока действия и с комбинированными добавками, что позволяет существенно повысить их окупаемость прибавкой урожая, сократить потери элементов питания и улучшить качество продукции за счет снижения содержания нитратов и радионуклидов.

Радиологическая оценка разных форм азотных удобрений. В условиях радиоактивного загрязнения земель наиболее жестко нормируется содержание радионуклидов в продукции сельскохозяйственных культур, возделываемых на продовольственные цели. В соответствии с республиканскими допустимыми уровнями содержание ^{137}Cs в зерне на пищевые цели не должно превышать – 90 Бк/кг, в зерне на детское питание – 55 Бк/кг, содержание ^{90}Sr – 11 Бк/кг (Богдевич И. М. и др., 2008). Согласно Техническому регламенту Таможенного союза «О безопасности зерна» содержание ^{137}Cs и ^{90}Sr в зерне на пищевые цели не должно превышать соответственно 60 и 11 Бк/кг.

Результаты прогнозов показывают, что на дерново-подзолистых супесчаных почвах возделывать яровые зерновые культуры для производства зерна на пищевые цели и на детское питание на фоне повышенных доз фосфорных и калийных удобрений допустимо при плотности загрязнения ^{137}Cs до 40 Ки/км² и применении всех имеющихся в производственном ассортименте форм азотных удобрений в дозах 90 кг/га (таблица 4.5).

Не лимитируется также плотностью загрязнения ^{137}Cs супесчаных почв применение разных форм азотных удобрений при возделывании яровой пшеницы и бобово-злаковой смеси на фуражное зерно для использования его при производстве цельного молока и мяса (говядины).

На дерново-подзолистых супесчаных автоморфной и глееватой почвах с повышенной и средней обеспеченностью подвижным калием возможно применение мочевины стандартной, мочевины медленнодействующей, сульфата аммония, аммиачной селитры и КАС без ограничений по плотности загрязнения почвы ^{137}Cs при производстве зерна яровой пшеницы на пищевые и фуражные цели, а бобово-

злаковой смеси – на фураж и зеленой массы пайзы – для получения цельного молока и мяса.

В то же время имеются ограничения по применению отдельных форм азотных удобрений под бобово-злаковую травосмесь на зеленую массу. На дерново-подзолистых глееватых супесчаных почвах применение мочевины стандартной ограничено плотностью загрязнения ^{137}Cs 29,5 Ки/км² при получении зеленой массы для производства цельного молока, отвечающего допустимому уровню по содержанию радионуклида (100 Бк/л), а также плотностью загрязнения 31,0 Ки/км² – при получении зеленой массы для производства мяса с содержанием ^{137}Cs до 200 Бк/кг.

Ограничено плотностью загрязнения ^{137}Cs 38,5–39,0 Ки/км² применение аммиачной селитры и КАС при возделывании на глееватой почве бобово-злаковой травосмеси на зеленую массу для скармливания дойному стаду и получения цельного молока.

В связи с более низкими параметрами перехода ^{137}Cs в растения пайзы по сравнению с бобово-злаковой смесью нет ограничений по ее возделыванию на зеленую массу как на автоморфной, так и на глееватой почве.

2.3.2.3. Экономическая эффективность доз и сроков внесения азотных удобрений

Основным принципом оценки экономической эффективности удобрений является сопоставление показателей прироста урожая с дополнительными затратами на его получение. Исходя из этого, по результатам полевых опытов на основе данных стоимости прибавки урожая, действующих закупочных цен на зерно разного целевого назначения, расходов на приобретение и внесение удобрений, уборку, перевозку и доработку прибавки урожая проведены расчеты экономической эффективности доз и сроков применения азотных удобрений в зависимости от уровня калийного питания растений (Богдевич И. М. и др., 2010).

В результате экономической оценки применения удобрений было показано, что на дерново-подзолистой супесчаной почве применение азотных удобрений экономически эффективно как под продовольственный и пивоваренный ячмень, так и на фуражные цели. В зависимости от доз и сроков внесения азотных удобрений рентабельность их при получении продовольственного ячменя колебалась от 137,3 до 173,8 %, пивоваренного – от 216,8 до 265,5 %, ячменя на фураж – от 121,9 до 156,0 %.

Эффективность азотных удобрений возрастала при увеличении доз азота от 60 до 120 кг/га. Дробное применение азота способствовало повышению рентабельности азотных удобрений и увеличению дополнительного чистого дохода по отношению к однократному внесению этой же дозы.

Наиболее высокая эффективность азотных удобрений на ячмене получена в варианте с применением N_{60} на фоне $P_{60}K_{120}$, где рентабельность составила при производстве продовольственного зерна 173,8 %, пивоваренного – 265,5 и фуражного – 156 %. Однако самый высокий чистый доход от применения азота под продовольственный, пивоваренный и фуражный ячмень получен при дробном внесении N_{120} (N_{90} до посева и N_{30} в начале фазы выхода в трубку) на фоне $P_{60}K_{150}$.

В посевах озимой ржи эффективность азотных удобрений возрастала при увеличении доз азота от 60 до 120 кг/га. Дробное применение азотных удобрений способствовало повышению их экономической эффективности по сравнению с однократным. Рентабельность внесения азотных удобрений и дополнительный чистый доход возрастали по мере повышения уровня калийного питания растений.

На данной культуре наиболее высокий уровень рентабельности азотных удобрений при получении продовольственного и фуражного зерна был в варианте с дробным внесением N_{120} (N_{90} в ранневесеннюю подкормку и N_{30} в начале фазы выхода в трубку) на фонах $P_{60}K_{120}$ и $P_{60}K_{150}$, который составил соответственно 106,3 и 67,8 %.

В посевах овса наиболее рентабельным оказался вариант с дробным внесением N_{120} (N_{90} до посева и N_{30} в начале фазы выхода в трубку) на фоне $P_{60}K_{120}$. Уровень рентабельности при производстве продовольственного и фуражного зерна составил 199,9 и 38,9 % соответственно.

Анализ экономической эффективности применения минеральных удобрений в среднем за звено севооборота ячмень – озимая рожь – овес показал следующее. Наиболее высокая экономическая эффективность азотных удобрений при внесении их под зерновые культуры с целью производства продовольственного и фуражного зерна получена в варианте с дробным применением N_{120} на фоне $P_{60}K_{150}$. Рентабельность производства составила при получении продовольственного зерна 151,4 %, фуражного зерна – 80,3%.

В результате изучения эффективности разных форм азотных удобрений на дерново-подзолистых супесчаных почвах разной гидроморфности в звене зернотравяного севооборота было установлено, что в целом наиболее высокую продуктивность обеспечил сульфат

аммония. Общий сбор кормовых единиц составил на автоморфной почве 149,3 ц/га, на глееватой почве – 170,8 ц/га, а ежегодный выход кормовых единиц соответственно 49,8 и 56,9 ц/га. Незначительно ниже имелась продуктивность при применении на автоморфной почве медленнодействующей мочевины, на глееватой почве – аммиачной селитры. Самая низкая общая продуктивность и выход кормовых единиц получены в варианте с внесением стандартной мочевины.

Экономическая эффективность форм азотных удобрений во многом зависит от возделываемой культуры и степени гидроморфности почвы. Так, внесение всех форм азотных удобрений под бобово-злаковую смесь в дозе 60 кг/га оказалось экономически эффективным приёмом. Также на автоморфной почве в вариантах с внесением КАС и сульфата аммония рентабельность производства достигла 24 %. Более низкий показатель получен в варианте с медленнодействующей мочевиной, где рентабельность не превысила 23 %. Мочевина стандартная и аммиачная селитра оказались менее эффективными.

На глееватой почве наблюдалась иная закономерность в эффективности разных форм азотных удобрений. Самый высокий чистый доход и рентабельность производства зерна бобово-злаковой смеси (23 %) обеспечила аммиачная селитра. Ниже эти показатели – в вариантах с медленнодействующей мочевиной, КАС и мочевиной стандартной. Самая низкая доходность была в варианте с сульфатом аммония (рентабельность 12 %).

На автоморфной почве в посевах яровой пшеницы максимальный чистый доход получен при внесении медленнодействующей мочевины и аммиачной селитры в дозах 90 кг/га действующего вещества. Наименее эффективным оказался вариант с внесением сульфата аммония.

На глееватой почве, наоборот, от сульфата аммония получены самый высокий экономический эффект и рентабельность производства зерна, тогда как медленнодействующая мочевина была менее эффективной по сравнению со всеми формами азотных удобрений.

Возделывание пайзы на зеленую массу оказалось экономически неэффективным как без применения удобрений, так и с внесением азотных, фосфорных и калийных удобрений – убыточность достигала 15 %.

Анализ эффективности форм азотных удобрений в звене зернового севооборота (бобово-злаковая смесь – яровая пшеница – пайза) показал следующее.

На автоморфной почве экономически наиболее эффективной оказалась медленнодействующая мочевина, обеспечившая самую высо-

кую рентабельность производства – 44 %. В вариантах с аммиачной селитрой, КАС и сульфатом аммония уровень рентабельности составил 41–42 %. Наименее эффективной оказалась стандартная мочевины.

На глееватой почве наиболее эффективным из удобрений оказался сульфат аммония, затем несколько ниже аммиачная селитра, далее – стандартная мочевины, КАС и медленнодействующая мочевины.

2.4. Микроудобрения

В системе агрохимических приемов по возделыванию кормовых культур в зоне радиоактивного загрязнения особую значимость приобретает применение микроэлементов. Это объясняется следующими обстоятельствами:

Микроэлементы являются существенным фактором снижения содержания радионуклидов в растениях:

– во-первых, основными формами применяемых микроудобрений являются сульфаты, катионы которых могут быть антагонистами (Cu, Zn, Mn) или конкурентами (Mo) ^{137}Cs и ^{90}Sr при поступлении в растения;

– во-вторых, эффект снижения основывается на химических свойствах ^{90}Sr образовывать с некоторыми анионами солей (F^- , SO_4^{2-} , CO_3^{2-} , PO_4^{3-}) труднорастворимые соединения, в частности, сульфат-анион может способствовать закреплению ^{90}Sr в почве в труднодоступной для растений форме;

– в-третьих, при повышении урожайности за счет эффекта «биологического разбавления» снижается удельная активность растениеводческой продукции.

Интенсивное известкование ухудшает режим в почве таких микроэлементов, как медь, кобальт, цинк, марганец, бор, и снижает поступление их в растения.

Под влиянием карбонатов в растениях уменьшается концентрация химических элементов: марганца – в 5 раз, меди, цинка, кобальта – на 60 %, бора – на 21–40 %.

Наличие в почве одновременно недостатка одних элементов и избытка других приводит к несбалансированному минеральному питанию растений, снижению урожайности и качества продукции. Установлено, что применение повышенных доз азотных и фосфорных удобрений снижает поступление в растения цинка, хлорсодержащих калийных удобрений – поступление йода.

Травяные корма Полесья, в том числе и в зоне радиоактивного загрязнения, характеризуются низким содержанием меди, цинка, марганца, кобальта, йода, а симптомы их недостатка в этой зоне резко усиливаются на фоне пониженного иммунитета у растений и животных, что зачастую является причиной многих заболеваний и даже гибели животных. Применение микроудобрений становится важным способом обогащения растительных кормов биофильными микроэлементами.

Кобальт. В растениях кобальт входит в биологически активные соединения и выполняет важные функции в окислительно-восстановительных реакциях. Этот микроэлемент необходим для усиления азотфиксирующей деятельности клубеньковых бактерий, так как входит в состав витамина В₁₂ клубеньков. Витамин В₁₂ является также сильным стимулятором роста. Критическим периодом потребления кобальта является начальный период роста и развития клевера, когда происходит формирование клубеньков на корнях растений, а кобальт, входящий в состав витамина В₁₂, стимулирует их рост. Количество клубеньков увеличивается до фазы цветения, а затем клубеньки постепенно отмирают. Продолжительность их функционирования составляет около 6 недель, поэтому кобальтовые удобрения наиболее эффективно применять именно в этот период. Кобальт увеличивает в растениях содержание аскорбиновой кислоты.

Кобальт является сильным стимулятором роста животных. При недостатке в кормах кобальта (менее 0,1–0,2 мг/кг сухой массы) в организме животных уменьшается образование витамина В₁₂, необходимого для кроветворения, что приводит к заболеванию животных малокровием. Недостаток кобальта вызывает потерю аппетита и резкое падение продуктивности у крупного рогатого скота и овец. По данным Белорусского научно-исследовательского института животноводства дефицит кобальта в пастбищной траве Беларуси составляет 70–75 %. Обобщенные данные по питательности травяных кормов республики показывают, что содержание кобальта в них ниже зоотехнических норм (0,3–0,9 мг/кг сухой массы).

Как установлено, известкование почвы ведет к резкому снижению подвижности соединений кобальта, поэтому эффективность кобальтовых удобрений увеличивается на известкованных почвах. Некорневые подкормки растений кобальтом могут увеличить содержание этого элемента в кормах в 1,3–2,1 раза.

Молибден относится к числу микроэлементов, наиболее необходимых для жизнедеятельности и продуктивности бобовых растений. Из бобовых культур наибольшую потребность в молибдене испыты-

вают клевер и люцерна. Молибден участвует в таких биохимических процессах растений, как восстановление нитратов, нитритов и гидроксиламинов до аммиака и биосинтез аминокислот, биосинтез нуклеиновых кислот и белков, фиксация молекулярного азота клубеньковыми бактериями и свободноживущими почвенными микроорганизмами. Максимальная потребность в молибдене возникает у клевера в фазе стеблевания – бутонизации растений, когда наиболее интенсивно происходит фиксация молекулярного азота клубеньковыми бактериями.

В животном организме молибден оказывает стимулирующее действие на микрофлору преджелудков и способствует перевариванию клетчатки в рубце, улучшает переваривание кормов, усиливает иммунитет организма, способствует росту животных. Молибден обладает сильными куммулятивными свойствами, т. е. способностью в высоких (а иногда и токсичных для растений и животных концентрациях) накапливаться в продукции при внесении молибденовых удобрений, причем в большей степени в засушливые годы.

Поступление молибдена в организм животного зависит от наличия в корме других элементов. Так, например, сера образует с молибденом труднорастворимый сульфид молибдена, а концентрации молибдена в корме, вызывающие отравление, зависят от обеспеченности животных медью: чем больше в рационе меди, тем меньше вероятность отравления.

Эффективность молибденовых удобрений определяется содержанием подвижного молибдена в почве, биологическими потребностями в этом элементе возделываемой культуры, но в наибольшей степени зависит от реакции почвенного раствора. По данным П. И. Анспака (1978), наибольшая эффективность молибдена отмечена при рН 5,1–5,5. Подвижность молибдена, как правило, увеличивается на известкованных почвах, а также на почвах с повышенным содержанием фосфора или при внесении фосфорных удобрений.

Бор необходим бобовым растениям в течение всего вегетационного периода, он улучшает передвижение ростовых веществ и аскорбиновой кислоты из листьев к органам плодоношения и корням. В борных удобрениях в первую очередь нуждаются посеы клевера, предназначенные для семенных целей, так как при недостатке бора происходит отмирание точек роста и побегов, а при резком дефиците пыльца цветков прорастает плохо или совсем не прорастает, что ведет к нарушению процесса оплодотворения и снижению урожая семян. Бор способствует лучшему использованию кальция в процессе обмена веществ в растении. Содержание бора в растениях увеличивается на почвах с повышенным содержанием калия. Наибольшая эф-

фективность борных удобрений отмечается на почвах с рН от 5,0 до 8,5, затем снижается, так как опять происходит увеличение подвижности бора в почве. На известкованных дерново-подзолистых почвах внесение борных удобрений ускоряет цветение клевера, увеличивает количество головок и их размеры, ускоряет созревание семян и увеличивает количество семян в головке.

Марганец. Роль марганца в физиологических процессах растений весьма разнообразна. Он участвует в фотосинтезе и синтезе белков и жиров. Марганец регулирует соотношение $Fe^{2+} \Leftrightarrow Fe^{3+}$ при окислительно-восстановительных реакциях в процессе дыхания. Установлено, что марганец повышает вязкость протоплазмы, величину критической температуры коагуляции белков, усиливает синтез углеводов, что положительно влияет на морозо- и засухоустойчивость растений и их жаростойкость. Марганец повышает иммунитет растений к грибковым заболеваниям (мучнистая роса, гельминтоспориозы, ржавчины).

Марганцевая недостаточность у растений обостряется при низкой температуре и высокой влажности, в связи с этим все многолетние травы очень чувствительны к его недостатку рано весной, в период отрастания. Признаки недостатка марганца могут усиливаться в засушливую погоду.

Симптомы недостатка марганца у животных проявляются при содержании марганца в корме менее 10–20 мг/кг. Оптимальное для животных содержание марганца в кормах находится на уровне 30–60 мг/кг, а избыточное – более 70 мг/кг.

Цинк является составной частью ряда ферментов, участвующих в растительном организме в окислительно-восстановительных процессах, углеводном обмене и синтезе белковых веществ. Недостаток цинка вызывает накопление растворимых азотистых соединений, что в целом нарушает синтез белка. Дефицит этого элемента чаще всего наблюдается на переизвесткованных почвах и при внесении высоких доз фосфорных и азотных удобрений.

У животных при дефиците цинка наблюдается замедление роста, нарушается воспроизводительная функция. Оптимальное содержание цинка в кормах находится на уровне 20–60 мг/кг сухой массы (Шпаков А. П., 1991).

В условиях дефицита микроэлементов наиболее рациональными и экономически оправданными способами внесения микроэлементов являются предпосевная обработка семян и некорневая подкормка растений в период вегетации. Их проводят как в виде самостоятельного технологического приема, так и совместно с макроудобрениями, средствами защиты и регуляторами роста растений.

ГЛАВА 3 ПРОИЗВОДСТВО ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР

3.1. Использование районированных сортов зерновых культур

По данным ФАО в мировом сельскохозяйственном производстве посевы хлебных зерновых культур находятся на уровне 777–788 млн. га и занимают в структуре общей посевной площади около 50%. Валовое производство зерна в мире достигает 2 млрд. тонн в год, что составляет примерно 270 кг на 1 жителя планеты. Зерно является главным источником производства продуктов питания для человека, кормов для сельскохозяйственных животных, служит сырьём для промышленности, поэтому зерновые культуры занимают основное место в структуре посевных площадей. Вследствие наличия многочисленных видов, форм и сортов зерновых культур выращивание их возможно при разных почвенных и климатических условиях.

В структуре посевных площадей Республики Беларусь доминируют зерновые и зернобобовые, среди которых основными культурами являются озимые рожь, пшеница и тритикале, яровые тритикале, ячмень и пшеница, а также овес. Например, удельный вес зерновых культур в Гомельской области составляет более 50 % посевных площадей.

После катастрофы на Чернобыльской АЭС в Беларуси произошло загрязнение ранее интенсивно использовавшихся в сельскохозяйственном производстве земель. В результате этого в агропроизводстве возникли проблемы с получением нормативно чистого по содержанию ^{90}Sr зерна (особенно на продовольственные цели). Результаты радиологических обследований пахотных земель показали, что наиболее сложная ситуация с производством зерна на продовольственные цели сложилась в Гомельской области, а именно в Хойникском, Брагинском, Наровлянском районах. Хозяйства Ветковского, Добрушского, Речицкого районов имели несколько более благоприятные условия для производства зерна, отвечающего нормативным требованиям.

Обследования сельскохозяйственных угодий показали, что районы и хозяйства существенно различаются по наличию пашни, пригодной для производства зерна на продовольственные цели (плотность загрязнения ^{90}Sr до 0,3 ки/км² (11,1 кБк/м²)). Так, в загрязнённых районах Гомельской области количество сельхозпредприятий, где имела проблема производства зерна до требуемых объёмов из-

за превышения норматива по содержанию ^{90}Sr , составляло от 1 (Лоевский район) до 16 хозяйств (Брагинский район). Всего же в области насчитывалось более пятидесяти хозяйств, имеющих до 50 % площадей пахотных угодий с плотностью загрязнения до $0,3 \text{ Ки/км}^2$ ($11,1 \text{ кБк/м}^2$).

В этих условиях для ведения зернового производства перед аграрной наукой была поставлена задача разработать и внедрить специальные защитные мероприятия, позволяющие получать на загрязненных угодьях нормативно чистую продукцию. На накопление радионуклидов в растениях влияют такие факторы, как: плотность радиоактивного загрязнения, тип почв и уровень их плодородия, видовые и сортовые особенности культур. Из-за своих биологических особенностей растения отличаются по накоплению радионуклидов (Богдевич И. М. и др., 2003; Моисеев И. Т. и др., 1994). Оказалось, что межвидовые различия при корневом пути поступления могут достигать 10–40, а сортовые 1,5–3 раз (Дыжова А. А., 2004). В связи с этим межсортовые особенности по накоплению радионуклидов можно использовать для получения продукции с минимальным накоплением радионуклидов и производить зерно, соответствующее требованиям нормативов, а культивирование сортов с минимальным накоплением радионуклидов рекомендовать в качестве простого, экономически оправданного способа снижения загрязнения урожая.

В результате длительного изучения миграции радионуклидов и обобщения данных сотрудниками института радиологии под руководством Тимофеева С. Ф. были подготовлены «Рекомендации по использованию районированных сортов зерновых культур в условиях радиоактивного загрязнения сельхозугодий» (2007) для широкого круга практических работников. В них приведены биологические особенности, продуктивность, параметры миграции радионуклидов из разных разновидностей почвы в зерно, сортовые различия в накоплении радионуклидов. Так как материал рекомендаций имеет не только практический, но и научный интерес, следует в данном разделе рассмотреть основные положения данной работы.

В настоящее время в сельскохозяйственном производстве Республики Беларусь возделываются две формы зерновых культур – озимые и яровые. Среднегодовые посевные площади под озимыми и яровыми формами примерно одинаковы и составляют по 1 млн. га. Более существенные различия отмечаются по видам культур. Среди озимых культур преобладает рожь, затем следует тритикале и завершает структуру озимого зернового клина пшеница. Среди яровых

культур лидируют ячмень и овес, существенно меньшие площади выделяются под яровую пшеницу и яровое тритикале.

Наиболее распространенными сортами зерновых культур в Республике Беларусь на сегодняшний день являются (по данным Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь):

- озимая рожь – Игуменская, Сяброўка, Верасень, Ясельда;
- озимое тритикале – Міхась, Дубрава, Мара, Марко;
- озимая пшеница – Капылянка, Былина, Легенда, Каравай, Кобра;
- яровая пшеница – Мунк, Банти, Дарья, Контесса, Росстань;
- яровое тритикале – Ванад, Лана, Карго,;
- ячмень – Баронесса, Бурштын, Тюрингия, Атаман, Гонар,;
- овес – Эрбграф, Альф, Стралец, Полонез.

По данным комитета по сельскому хозяйству и продовольствию Гомельского облисполкома сортовое распределение посевных площадей на территории области по зерновым культурам примерно следующее:

- озимая рожь – Ясельда (39,7 %), Пуховчанка (33,5 %), Верасень (20,7 %), на остальные сорта приходится 5 % и менее;
- озимое тритикале – Міхась (52,3 %), Дубрава (44,5 %), на остальные сорта приходится 2 % и менее;
- озимая пшеница – Капылянка (38,2 %), Каравай (34,5 %), Премьера (14,8 %), на остальные сорта приходится 6 % и менее;
- яровая пшеница – Банти (62,9 %), Мунк (20,3 %), Рассвет (9,3%), Росстань (6 %), на остальные сорта приходится около 1,5 %;
- ячмень – Бурштын (52,7 %), Сябра (14,6 %), Талер (13,1 %), Гонар (12 %), на остальные сорта приходится 5 % и менее;
- овес – Альф (38,1 %), Полонез (28,4 %), Эрбграф (26,7 %), на остальные сорта приходится 3 % и менее (Тимофеев С. Ф. и др., 2007).

Среди озимых хлебов рожь – самая морозостойкая культура. По устойчивости к выпреванию и вымоканию переросшая с осени озимая рожь уступает озимой пшенице, зато превосходит ее по устойчивости к засухе. Наибольшая потребность во влаге наблюдается весной в период активного роста ржи – от выхода в трубку до выколашивания.

Культура относительно не требовательна к плодородию почв. В отличие от других злаковых хлебов она характеризуется большим развитием и повышенной всасывающей способностью корневой системы.

Наибольшее распространение получили тетраплоидные сорта озимой ржи. Среди тетраплоидных видов наиболее широко распростране-

ны такие сорта, как Верасень, Игуменская, Пуховчанка, Сяброўка, из диплоидных – Ясельда.

Рожь сорта Игуменская выведена в БелНИИЗиС методом многократного индивидуального отбора из сложной гибридной популяции. Колос цилиндрический, крупный, длиной 13–14 см. Колосковая чешуя узкая, ланцетовидная, киль выражен слабо. Ости короткие, средней жесткости, белые. Зерно крупное, полуудлиненное, полуоткрытое, основание с редкими волосками, серо-зеленое. Форма куста промежуточная. Продуктивная кустистость 1,3–2,2. Лист слабоопушенный, светло-зеленый, с восковым налетом. Высота растения 129–147 см, устойчивость к полеганию средняя. Масса 1000 зерен 45,8–54,1 г, вегетационный период 320–330 дней. К засухе и осыпанию среднеустойчива. Урожайность за три года испытаний составила 44,0–66,2 ц/га. Содержание сырого протеина – 9,6–11 %, число падения – 221–243 секунды. Хлебопекарные качества хорошие.

Рожь сорта Пуховчанка выведен также в БелНИИЗиС скрещиванием тетраплоидных сортов Белта и Карстенс с последующим индивидуально-семейственным отбором в гибридных популяциях. Разновидность *vulgate*. Колос белый, слабо цилиндрический, длиной 9 см. Колосковая чешуя узкая, шиловидная. Ости короткие, средней жесткости, белые. Зерно овально-удлиненное, зеленое, крупное, масса 1000 зерен – 34,8–47,8 г. За годы испытания (1987–1989) средняя урожайность на сортоучастках республики составила 51,6 ц/га, на Щучинском ГСУ в 1989 г. при возделывании по интенсивной технологии – 72,9 ц/га. Среднеспелый, вегетационный период – 280–330 дней. Зимостойкость – 4,7–5 баллов. Устойчивость к полеганию – 2,3–5 баллов. Высота растений – 126–157 см. Содержание сырого протеина в зерне – 9,9 %. Число падения – 152 секунды. В средней степени поражается мучнистой росой, бурой и стеблевой ржавчинами, снежной плесенью.

Рожь сорта Сяброўка выведена в БелНИИЗиС. Средняя урожайность – 46,2 ц/га, максимальная – 83,7 ц/га. Масса 1000 зерен – 37,3–48,3 г. Сорт устойчив к полеганию, к грибным заболеваниям, средняя зимостойкость его – 4,8–5,0 балла. Хлебопекарные качества – хорошие.

Рожь сорта Спадчына селекции БелНИИЗиС имеет среднюю урожайность 44,6 ц/га, максимальную – 82,8 ц/га. Масса 1000 зерен – 35,0–49,5 г. Натуральная масса – 610–695 г/л. Среднеустойчив к полеганию и относительно устойчив к болезням. Хлебопекарные качества – хорошие.

Озимое тритикале является первой зерновой культурой, созданной человеком. Оно представляет собой гибридную форму растений между пшеницей и рожью. Колос удачно сочетает многоколосковость ржи с многоцветковостью пшеницы. Сочетание высокобелковости с урожайностью обеспечивает тритикале высокий сбор сырого протеина с гектара – на 15–20 % больше по сравнению с пшеницей и рожью.

По отношению к почвам тритикале занимает промежуточное положение между пшеницей и рожью, поэтому оно может размещаться как на связных, так и на более легких по гранулометрическому составу участках. В республике районировано 13 сортов озимого тритикале.

Наиболее распространены сорта данной культуры Михась, Дубрава, Марко и Мара.

Михась – сорт совместной селекции БелНИИЗиС и Института селекции и акклиматизации растений Польши выведенного методом индивидуального отбора из гибридной популяции. Принят за стандарт. Ботаническое определение – гексаплоид. Колос цилиндрический, средней длины, плотный (26 колосков на 10 см). Ости средние, расходящиеся, грубые, зазубренные, ломкие, белые. Колосковые чешуи удлинённо-овальные, нервация слабая, зубец заостренный, длинный, плечо скошенное, узкое, киль сильно выражен. Зерно удлинённое, красное, основание голое, масса 1000 зерен – 42,0–57,4 г. Растение короткостебельное – 90–110 см. Форма куста – полуприжатая. Стебель средней толщины, под колосом – опушение. Лист зеленый, без опушения и воскового налета. Продуктивная кустистость 1,7. Вегетационный период – 296–325 дней, зимостойкость – 4,1 балла. Устойчив к полеганию – 4,8 балла. Высокоурожайный – в 1994–1996 гг. на Ивацевичском ГСУ получена урожайность 52,8 ц/га, максимальная – 93,2 ц/га. Хорошо вымолачивается. Содержание сырого протеина в зерне в среднем составляет 11 %, крахмала, в зависимости от условий выращивания, – 62,9–67,8 %. Пораженность септориозом ниже, корневыми гнилями – на уровне стандарта. Снежной плесенью при неблагоприятных условиях перезимовки поражается сильнее стандарта. При возделывании не требуется обработки ретардантами.

Сорт тритикале Дубрава – результат совместной селекции учёных БелНИИЗиС и Республики Польша. Сорт имеет полый стебель средней толщины. Средняя урожайность – 53,9 ц/га, максимальная – 83,4 ц/га. Зимостойкость – 4,7 балла. Масса 1000 семян – 30,0–42,0 г. Сорт низкорослый, устойчив к полеганию, среднеустойчив к полеганию на торфяно-болотных почвах. При формировании высоких урожаев требуется обработка ретардантами. Средняя устойчивость к ли-

стовым болезням и снежной плесени. К корневым гнилям слабо устойчив. Содержание сырого протеина – 12,6 %. Содержание крахмала – 63,6 %. Число падения – 74 секунды, что свидетельствует о высокой активности альфа-амилазы. Сорт рекомендуется для зернофуражного использования.

Сорт тритикале Марко (Польша) включен в Госреестр по Брестской, Гродненской и Минской областям. Вегетационный период в среднем на 2–3 дня короче, чем у стандартного сорта Міхась. Средняя урожайность за годы испытания составила 60,5 ц/га, максимальная (99,1 ц/га) получена в 2002 году на Щучинском ГСУ. Устойчивость к полеганию на уровне стандарта. Масса 1000 семян – 39,2–57,7 г. Содержание сырого протеина в зерне – в среднем 13,5 %. Выход муки – 75 %. Клейковины в зерне содержится от 15 до 21,6 %. Может использоваться не только на корм, но и в хлебопекарной промышленности.

Сорт тритикале МАРА (Беларусь, БелНИИЗиС) районирован по Брестской, Гродненской и Минской областям. Сорт зернофуражного использования, среднеустойчив к полеганию. Вегетационный период – 310–315 дней. Высокоурожайный, урожайность в Госсортосети республики составила 52,5 ц/га. Содержание сырого протеина в зерне – 10,9–12,5 %, крахмала – 66,6–70,9 %, что является ценным качеством при использовании в спиртовой промышленности. Толерантен к септориозу и относительно устойчив к предуборочному прорастанию.

Сорт тритикале БОГО (Польша) включен в Реестр по Гродненской области. Средняя урожайность – 80,2 ц/га, максимальная – 111,5 ц/га. Сорт интенсивного типа. Зимостойкость высокая. Устойчивость к снежной плесени средняя. Восприимчив к мучнистой росе. Слабо поражается септориозом. Отзывчив на проведение фунгицидной обработки в осенний период.

Сорт тритикале Идея выведен в БелНИИЗиС. Стебель полый, средней толщины. Средняя урожайность – 52,9 ц/га, максимальная – 81,0 ц/га. Устойчив к полеганию. Зимостойкость средняя. Относительная устойчивость к болезням. Масса 1000 семян – 31,0–41,0 г. Содержание сырого протеина – 11,8 %. Может использоваться не только в кормовой, но и в хлебопекарной промышленности. Содержание клейковины – 19,2 %, крахмала – 66,1 %. Число падения – 131 секунда.

Сорт тритикале Прадо польской селекции. Стебель высотой до 110 см, полый. Средняя урожайность – 68,1 ц/га, максимальная – 103,2 ц/га. Хорошая зимостойкость и выравненность колоса. Относительно устойчив к полеганию и среднеустойчив к засухе. Листья бо-

лезнями поражаются слабо. Масса 1000 семян – 44,5–56,0 г. Содержание сырого протеина 13,0 %, а сбор белка с 1 га – в среднем 7,0 ц. Сорт кормового направления.

Сорт тритикале Сокол (Беларусь, БелНИИЗиС) включен в Реестр. Превосходит все сорта по содержанию в зерне и сбору белка с гектара. Созревает на 5–7 дней раньше стандарта, характеризуется высоким уровнем зимостойкости, толерантен к септориозу. Масса 1000 семян – 41,7–52,5 г. Сорт зернофуражного использования.

Зерно озимой пшеницы способно прорасти при температуре 1–2°C. Кущение начинается через 15 дней после появления всходов (при температуре воздуха около 12–15°C). При позднем появлении всходов и снижении осенних температур период от всходов до кущения удлиняется; с наступлением заморозков кущение прекращается и возобновляется лишь весной. Резко повышается кустистость при внесении азотных удобрений и при посеве крупными семенами. При нормальном сроке посева у озимой пшеницы развиваются 4–8 побегов.

Озимая пшеница довольно засухоустойчива. Это объясняется тем, что выход в трубку, колошение и созревание проходят у нее в более ранние сроки, при этом лучше используются весенние запасы влаги и питания.

Для формирования высококачественных семян по сортовым, посевным качествам и урожайным свойствам пшеницу размещают по пропашным или бобовым культурам. Предпочтительно суглинистые или супесчаные почвы с реакцией среды близкой к нейтральной. Содержанием гумуса не менее 1,8 %.

Наиболее распространены сорта Капылянка, Былина, Легенда, Каравай, Кобра.

Озимая пшеница сорта Капылянка выведена БелНИИЗиС. Средне-спелый сорт с вегетационным периодом 290–324 дня. Среднерослый, с высотой растений 90–108 см, высокой зимостойкости. Зерно крупное, красное, удлиненное, основание опушенное. Колос слабоверетеновидной формы, белый, длиной 10–12 см. Лист светло-зеленый, без опушения и воскового налета. Максимальная урожайность – 75,5 ц/га. Рекомендуется для почв со средним уровнем плодородия, требует средних доз минеральных удобрений, предпосевной обработки семян. Содержание сырого протеина 12,4 %, клейковины – 28,7 %, обладает хорошими мукомольно-хлебопекарными качествами.

Озимая пшеница сорта Былина селекции БелНИИЗиС. Стебель средней высоты, соломина полая или выполнена слабо. Сорт средне-поздний, интенсивного типа возделывания. Средняя урожайность – 46,4 ц/га, максимальная – 88,8 ц/га. Зимостойкость средняя, устойчи-

вость к полеганию высокая. Слабо поражается септориозом, восприимчив к корневой гнили, слабо к твердой головне. Масса 1000 семян – 34–39 г, зерно полустекловидной или стекловидной консистенции с достаточно высоким содержанием сырого протеина – 14 % и клейковины – 29,9 %. Мука имеет хорошие хлебопекарные качества. Объем хлеба из 100 г муки более 900 мл, разжижение теста по фаринографу – менее 120 единиц, что соответствует хорошему филлеру. Общая хлебопекарная оценка – 4,0 балла.

Озимая пшеница сорта Легенда. Растение в фазе кущения полустеляющегося типа, стебель средней высоты со средним восковым налетом перед колосом, соломина полая или выполнена слабо. Флаговый лист со средним восковым налетом на влагалище листа. Колос пирамидальный, средней плотности, длинный, с очень короткими остевидными отростками, белый, со средним восковым налетом, нижняя колосковая – со слабым опушением. Зубец наружной цветковой чешуи умеренно изогнут. Зерно красноватое. Сорт среднепоздний, интенсивного типа возделывания. Средняя урожайность – 42,7 ц/га, максимальная – 92,4 ц/га, крупносемянный с массой 1000 семян 38–45 г. Зимостойкость – 4,3 балла, что на уровне стандарта Центос. Сорт более устойчивый, по сравнению со стандартом, к засухе и к полеганию. Сорт среднеустойчивый к септориозу, устойчив к листовым болезням, восприимчив к корневым гнилям. Хлебопекарные качества хорошие, общая оценка хлеба – 3,8–4,2 балла. По физическим свойствам теста сорт на уровне хорошего филлера. Содержание белка в зерне – 13,8 % и клейковины – 30,2 %. Мука имеет хорошие хлебопекарные качества.

Озимая пшеница сорта Центос (Германия, Semundo Saatzucht GmbH). Позднеспелый, вегетационный период 300–323 дня. Низкорослый, высота растений 85–100 см, устойчив к полеганию. Зерно крупное, масса 1000 зерен 45–60 г. Отличается высокой, стабильной по годам урожайностью. Средняя урожайность составила 58,3 ц/га, максимальная – 77,5 ц/га. Содержание сырого протеина – 13,1 %, содержание клейковины – 27,3 %. Имеет хорошие хлебопекарные качества. Общая оценка хлеба – 4,3 балла.

Озимая пшеница сорта Каравай выведен в БелНИИЗи путем двукратного индивидуального отбора от скрещивания селекционного номера Лютесценс г – 10 с сортом озимой пшеницы Березина. Разновидность лютесценс. Форма куста промежуточная, высота растения 95–110 см, продуктивная кустистость – 2–2,5. Лист светло-зеленый, опушение и восковой налет отсутствуют. Колос слабоверетеновидный, белый, длиной 8–9 см. Колосковая чешуя овальная длиной

7–8 мм, шириной 4 мм, нервация выражена. Зубец колосковой чешуи клювовидный, плечо прямое, среднее, киль сильно выражен. Зерно средней крупности, масса 1000 зерен 39,4–53,6 г, красное, овальное, основание опушенное. Позднеспелый, вегетационный период в зависимости от зоны возделывания 294–325 дней. Устойчивость к полеганию оценивается в 5 баллов. Зимостойкость 4,6 балла на уровне стандарта сорта Капылянка, критическая температура вымерзания –17°С. Средняя урожайность составила 46,4 ц/га, максимальная –70,8 ц/га. Зерно полустекловидной и мучнистой консистенции, содержание сырого протеина – 13,3 %, клейковины – 26,8 %. Мука хорошего хлебопекарного качества. Хлеб характеризуется довольно высоким объемом, мелкой пористостью, хорошей эластичностью. Средне восприимчив к корневым гнилям и твердой головне, средне устойчив к септориозу.

Озимая пшеница сорта Кобра выведена в Республике Польша. Стебель короткий. Сорт среднепоздний. Средняя урожайность – 43,0 ц/га, максимальная – 79,2 ц/га. Сорт устойчив к полеганию, к листовым болезням, восприимчив к корневой гнили, средне-устойчив к септориозу. Зимостойкость средняя. Сорт интенсивного типа. Масса 1000 зерен 35,8–48,6 г. имеет хорошие хлебопекарные качества. По физическим свойствам теста сорт на уровне хорошего филлера. Содержание сырого протеина в зерне – 13,2 %, клейковины – 28,2 %.

Озимая пшеница сорта Премьера. Среднепоздний сорт селекции БелНИИЗиС. Стебель высотой до 130 см. Средняя урожайность 47,2 ц/га, максимальная 91,0 ц/га. Зимостойкость средняя. Сорт отличается выравненностью стеблестоя, относительно устойчив к полеганию. Слабо поражается листовыми болезнями и корневыми гнилями. Хорошо отзывается на интенсивную технологию. Масса 1000 семян 36,4–54,3 г. Зерно полустекловидной консистенции. Содержание сырого протеина – 13,6 %, клейковины – 30,0 %. Хлебопекарные качества хорошие. Объем хлеба из 100 г муки – 480 мл. Общие хлебопекарные качества оцениваются на 3,5 балла

Среднеспелая озимая пшеница сорта Щара селекции БелНИИЗиС. Стебель средней высоты, соломина средневыполненная. Средняя урожайность – 45 ц/га, максимальная – 80 ц/га. Сорт пластичный, среднерослый, устойчивость к полеганию выше стандарта, зимостойкость высокая – 4,8 балла. К болезням среднеустойчивый. Масса 1000 семян 37–47 г. Содержание сырого протеина – 13,6 %, клейковины – 29,5 %.

Среднепоздний сорт Завет озимой пшеницы выведен в БелНИИЗиС. Стебель высотой до 110 см. Средняя урожайность – 46,6 ц/га, максимальная – 82,9 ц/га. Зимостойкость средняя. Относительно

устойчив к полеганию. Слабо поражается снежной плесенью, септориозом и корневыми гнилями. Сорт интенсивного типа. Масса 1000 семян 34,4–52,0 г. Зерно полустекловидной консистенции, с содержанием сырого протеина – 13,6 %, клейковины – 28,8 %. Хлебопекарные качества хорошие. Объем хлеба из 100 г муки – 400–450 мл. Общая хлебопекарная оценка – 3,5 балла.

В Республике Беларусь возделывается только мягкая яровая пшеница. Эта культура характеризуется невысоким ростом (до 90–110 см), кустится слабо (продуктивное кущение 1,2–1,5), имеет слаборазвитую корневую систему. Яровая пшеница – культура холодостойкая, зерно прорастает при температуре 2 °С, а жизнеспособные всходы появляются при 4–5 °С; всходы появляются быстро (на 7–8-й день) при температуре посевного слоя почвы 12–15 °С. Всходы пшеницы переносят кратковременные заморозки.

Продолжительность кущения у яровой пшеницы в зависимости от условий колеблется от 11 до 26 дней. Формирование колоса начинается очень рано – в фазе 3-го листа. Недостаток влаги, азота и фосфора в этот период отрицательно влияет на развитие колоса и приводит к уменьшению числа колосков в нем.

Яровая пшеница является весьма требовательной культурой, как к почвам, так и агротехнике. Наилучшими для возделывания в условиях республики являются дерново-подзолистые среднесуглинистые почвы, содержащие гумуса – не менее 1,8 %, подвижного фосфора и обменного калия – не менее 150 мг на кг почвы, рН 6,0–6,5.

Наиболее распространенными сортами являются Мунк, Банти, Дарья, Контесса, Росстань.

Яровая пшеница сорта Росстань выведена в БелНИИЗиС. Стебель средней высоты, соломина полая. Средняя урожайность 37,6 ц/га, максимальная – 68,4 ц/га. Масса 1000 зерен – 34,4–39,8 г. Натура зерна – 690–729 г/л. Сорт относительно устойчив к полеганию и засухе. Содержание сырого протеина – 16,1 %, клейковины – 32,5 %. Зерно стекловидной консистенции. В среднем стекловидность сорта составляет 74 %. По физическим свойствам тесто на уровне хорошего филера. Хлебопекарные качества хорошие – 4,0 балла.

Яровая пшеница сорта Кваттро (ГЕРМАНИЯ, SAATEN RING VON RUMKER KG). Среднеспелый, растение в фазе кущения полустелющегося типа, стебель с сильным восковым налетом перед колосом, соломина выполнена средне. Колос со средним восковым налетом, пирамидальный, средней плотности, длинный, с очень короткими остевидными отростками, белый. Зерно красное. Средняя урожайность составляет 41,7 ц/га, максимальная – 74,0 ц/га. Сорт

относительно устойчив к засухе и полеганию. Масса 1000 зерен – 32,3–46,1 г. Содержание сырого протеина в зерне – 12,6–17,4 %. Содержание клейковины 31,9 %. Клейковина второй группы качества. Хлебопекарные качества хорошие, общая хлебопекарная оценка 3,8–4,1 балла.

Яровая пшеница сорта Ману (ФИНЛЯНДИЯ, BOREAL PLANT RYB.EEDING LTD). Среднеспелый, растение в фазе кущения прямо-стоячего типа, стебель высотой до 90 см, с сильным восковым налетом перед колосом. Колос со средними остевидными отростками, пирамидальной формы, при созревании окрашенный, длиной до 9 см. Зерно красное. Средняя урожайность составляет 35,7 ц/га, максимальная – 66,5 ц/га. Среднеустойчив к полеганию и засухе. Масса 1000 зерен – 31,2 г. Содержание сырого протеина в зерне – 17,4 %. Содержание клейковины – 37 %.

Яровая пшеница сорта Банти польской селекции. Стебель полый. Средняя урожайность 50,0 ц/га, максимальная – 76,1 ц/га. Сорт устойчив к засухе. Относительная устойчивость к полеганию. Масса 1000 зерен – 33,1–46,2 г. Хорошая натура зерна – 730–797 г/л. Сырой протеин – 15 %, клейковина – 31,3 %. Хлебопекарные качества – 4,2 балла. По силе муки относится к хорошему филлеру.

Яровая пшеница сорта Мунк выведена в Германии. Куст прямо-стоячий, средней высоты. Колос средней длины, при созревании белый. Зерно округлой формы, красное. Лист удлиненный, слегка согнутый вниз. Колос средней плотности. Вегетационный период – 94–97 дней. Масса 1000 зерен – 38,9–49,7 г. Продуктивная кустистость – 1,2–1,9. За годы испытаний средняя урожайность составляет 44,1–60,3 ц/га, максимальная – 64,2 ц/га. Сорт имеет полустекловидное или стекловидное зерно средней крупности. Содержание сырого протеина колеблется по различным зонам в пределах 14,1–17,1 %. Содержание клейковины – от 29,1 до 40,2 %, мукомольно-хлебопекарные качества хорошие. Хлеб характеризуется высоким объемом, равномерной пористостью. Общая оценка хлеба – 4,5 балла.

Яровая пшеница сорта Иволга выведена индивидуальным отбором в Московской сельскохозяйственной академии имени К. А. Тимирязева. Разновидность лютеценс. Колос цилиндрический, средней длины. Плотность 19 колосков на 10 см колоскового стержня. Зерно средней крупности, короткое, яйцевидной формы, красное. Масса 1000 зерен – 32–36 г. Высота растений – 65–105 см, в фазе выколашивания растение отличается сизо-голубым оттенком из-за сильного воскового налета. Сорт интенсивного типа, урожайный. Уро-

жайность – 36,5–61,3 ц/га. Вегетационный период – 82–93 дня. Сорт устойчив к полеганию, мучнистой росе. На инфекционном фоне отмечается высокая устойчивость к бурой ржавчине, твердой головне, средняя – к пыльной головне. Не рекомендуется применять ретарданты (они сильно укорачивают соломину и снижают урожайность).

Яровая пшеница сорта Контецца польской селекции. Соломина полая или выполнена слабо. Средняя урожайность – 39,7 ц/га, максимальная – 69,5 ц/га. Сорт среднеустойчив к засухе, относительно устойчив к полеганию. Масса 1000 зерен – 31,1–45,1 г. Масса натуральных зёрен – 705–750 г/л, сырой протеин – 12,8–17,4 %, клейковина – 30,4 %. Хлебопекарные качества хорошие. Хороший филлер.

Яровая пшеница сорта Дарья (Беларусь, БелНИИЗиС). Средне-спелый, растение в фазе кущения полупрямостоячего типа, стебель высотой до 90 см, с сильным восковым налетом перед колосом. Колос с короткими остевидными отростками, пирамидальной формы, при созревании белый, длиной до 11 см. Зерно красное. Средняя урожайность составляет 41,4 ц/га, максимальная – 78,6 ц/га. Среднеустойчив к полеганию и засухе. Масса 1000 зерен – 32,6 г. Содержание сырого протеина в зерне – 14,7 %. Содержание клейковины – 34–35 %. Имеет хорошие хлебопекарные качества.

Биологические особенности ярового тритикале подобны яровой пшенице. Районировано 4 сорта.

Сорт Ванад выведен польскими селекционерами. Стебель высотой 80,0–95,0 см, полый. Среднепоздний, средняя урожайность – 55,1 ц/га, максимальная – 81,6 ц/га. Устойчив к полеганию, относительно устойчив к грибным болезням. Масса 1000 семян – 36,2–47,0 г. Масса натуральных зерен – 640–740 г/л. Содержание сырого протеина – 15,8 %. Сбор сырого протеина с 1 га составляет 6,5 ц. Сорт отличается выровненным стеблестоем и равномерным созревaniem.

Сорт Ульяна выведен в лаборатории тритикале БелНИИЗК методом гибридизации с последующим индивидуально-семейным отбором из гибридной комбинации (Мально х Инесса) Э–12 Г–70. Год скрещивания – 1993. Гексаплоид. Окраска колоса желто-белая, колос средней длины (9–11 см), умеренно плотный (22–24 колосков), цилиндрической формы. Стебель имеет достаточно сильное опушение и слабую изогнутость под колосом. Ости длинные, расходящиеся, грубые и зазубренные. Окраска остей белая.

Зерно желтое, средней величины, голое, удлинённой формы, масса 1000 зерен – 39–42 г. Содержание сырого протеина в зерне – 12–14 %.

Форма куста в период кущения – полустоячая, окраска листьев – зеленая, тип листьев в период колошения – промежуточный.

Сорт Ульяна – среднерослый, среднеспелый. Высота растений – 95–100 см, устойчив к полеганию, длина вегетационного периода – 102–110 дней. Выполненность зерна хорошая. Средняя урожайность за годы изучения в конкурсном испытании составила 39,7 ц/га, что на 7 ц/га выше стандарта (Лана). Сорт зернофуражного направления, пригоден к механической уборке.

Поражение шведской мухой находится на уровне стандарта. Сорт не поражается ржавчинами, головней, устойчивость к септориозу на уровне стандарта.

Среди яровых зерновых, ячмень – наиболее скороспелая культура (период вегетации 70–100 дней). К теплу ячмень малотребователен. Зерно его может прорасти при температуре 1–2 °С, поглощает до 50 % воды от массы зерна, причем набухает оно медленнее, чем зерно овса. Небольшие заморозки (до минус 4–5 °С) всходы ячменя переносят без заметных повреждений (подмораживаются лишь верхушки листьев). В период цветения и налива зерна опасны даже незначительные заморозки (минус 1,5–2 °С).

По своему развитию и требованию к условиям выращивания ячмень близок к яровой пшенице. Сжатые сроки поглощения элементов питания в начальных фазах роста и развития и относительно слабая усваивающая способность корневой системы ячменя обуславливает его высокую требовательность к почвенному плодородию. В Республике районирован 21 сорт ярового ячменя. Наиболее распространенными сортами являются Тюрингия, Атаман, Гонар, Баронесса, Бурштын и др.

Ячмень сорта Бурштын выведен в БелНИИЗиС. Разновидность нутанс. Колос цилиндрический, двухрядный, желто-серый, средней длины и плотности. Колосковая чешуя удлинённо-ланцетная. Зубец колосковой чешуи слабо выражен. Ости длинные, параллельные, серо-желтые. Зерно средней крупности, продолговатое, серо-желтое. Масса 1000 зерен – 45,8–55,5 г. Куст полуразвалистый, стебель прочный, соломина полая. Лист зеленый, без опушения. Продуктивных стеблей 1,5–2,2. Средне-поздний, вегетационный период – 72–86 дней. Устойчив к полеганию, высота растений 68–83 см. Средняя урожайность за три года испытания составила 39,2–62,2 ц/га. Содержание сырого протеина – 14,2 %, крахмала – 55,8, пленчатость – 8,1 %. Пригоден для переработки на крупу.

Ячмень сорта Баронесса немецкой селекции. В посевах выровнен, устойчив к полеганию. Болезнями поражается в средней степени. За три года испытаний средняя урожайность при 14 % влажности составила 54,9–59 ц/га. Крупнозернистый, масса 1000 зёрен – 44,9–51,8 г.

Содержание сырого протеина – 12,3–13,4 %, крахмала – 56,9–60,9 %.
Сорт низкоплёчатый, имеет хорошие крупяные качества. Включён в список наиболее ценных по качеству сортов.

Ячмень сорта Сябра выведен в БелНИИЗиС. Разновидность нутанс. Сорт относится к группе среднепоздних сортов. Выделяется высокой продуктивностью, устойчивостью к полеганию. От районированных сортов отличается более высокой устойчивостью к корневым гнилям, мучнистой росе. Содержание сырого протеина в зависимости от условий выращивания колеблется от 12,2 до 15,1 %. Колос цилиндрический, слабопонижающийся, средней плотности, длиной 7–8 см. Масса 1000 зерен – 40–48 г. Соломина эластичная, при созревании желтая, длиной 70–80 см. Сорт относится к интенсивному типу. Максимальная урожайность получена на Витебской ГСС – 96,5 ц/га, на Брестской ГСС – 77,0, на Минской ГСС – 65,7 ц/га.

Ячмень сорта Мосарж создан в лаборатории ячменя РУГТ «Научно-практического центра НАН Беларуси по земледелию» методом гибридизации и отбора из гибридной комбинации (1.1.4/82 x 8841/812) x (HVS 91)76 x Донецкий 9). Находился в Государственном сортоиспытании в 1999–2001 гг.

Разновидность нутанс. Среднепоздний, вегетационный период – 80–90 дней. Колос цилиндрический, двухрядный, колосковая чешуя узкая, удлинённая, высота растений – 78–85 см, к полеганию устойчив. Масса 1000 зерен 45–53 г. Зерно круглое, желтое. Сорт интенсивного типа. Максимальная урожайность получена на Несвижской сортоиспытательной станции в количестве 77,8 ц/га. Отзывчив на возделывание по интенсивной технологии. Рекомендуются для хорошо окультуренных плодородных и среднеплодородных почв. Рекомендуемая норма высева 4–4,5 млн. всхожих зерен на гектар. Устойчив к листовым болезням, среднеустойчив к пыльной головне. Срок сева ранний. При соблюдении технологии возделывания дает зерно с содержанием сырого протеина 13–15 %, крупность зерна не менее 90 %.

Ячмень сорта Якуб выведен в БелНИИЗиС. Сорт интенсивного типа, среднепоздний. Разновидность нутанс. Масса 1000 зерен 48,6–50,2 г. Сорт высокоурожайный, превышает стандарт на 2–3 ц/га. Отличается большей высотой соломины среди среднепоздних сортов. Высота растений достигает 100 см, что обеспечивает его преимущество перед аналогичными сортами при недостатке влаги и на среднеобеспеченных почвах. Обладает большой полевой устойчивостью к листовым болезням. Устойчивость к ринхоспориозу на 1,5–2,0 балла выше, чем у сорта Сябра, к сетчатой пятнистости на 2,0 балла, на 20 % выше устойчивость к корневым гнилям, поражение шведской

мухой более чем в 2 раза ниже, чем у стандарта. Устойчив к полеганию. Масса натуральных зёрен 642 г/л. Сорт кормовой, высокобелковый – 15,4 %.

По продолжительности вегетационного периода (100–120 дней) овес приближается к яровой пшенице. Поспевает он позже ячменя, относительно нетребователен к теплу. Зерно его начинает прорастать при температуре 1–2 °С и при набухании поглощает воды примерно 60 % от массы зерна. Весенние заморозки до минус 8–9 °С всходы овса переносят хорошо. В фазе молочного состояния зерна посевы выдерживают заморозки до минус 4–5 °С.

Наибольшую потребность во влаге растения овса испытывают примерно за 2 недели до вымётывания метёлки (критический период).

По интенсивности кущения овес уступает ячменю, но превосходит яровую пшеницу. Общее кущение составляет 3–4 побега, а продуктивное – 1,5–2.

К почвам овес менее требователен, его можно возделывать на песчаных, суглинистых, глинистых и заболоченных почвах. Переносит повышенную кислотность (рН 5). Корневая система овса обладает способностью извлекать из почвы труднорастворимые питательные вещества (например, фосфорную кислоту фосфоритов). При достаточной обеспеченности влагой овес успешно произрастает на песчаных почвах, уступая в этом отношении только ржи.

В Беларуси районировано 13 сортов. Наиболее распространенными сортами являются Эрбграф, Альф, Полонез, Стралец.

Сорт овса Эрбграф скороспелый. Зерно среднее, пленчатость 22–24 %, масса 1000 зерен 30–40,2 г. В зерне содержится 10,5–15,6 % сырого протеина. Стебель невысокий, выравненный, устойчивый к полеганию. Сорт пластичный, хорошо переносит засуху и избыточное переувлажнение. Слабо поражается бактериальным ожогом и стеблевой ржавчиной, средне – шведской мухой и пьявицей, значительно – корончатой ржавчиной. На сортоучастках республики средняя урожайность составила 43 ц/га, максимальная урожайность – 60,2 ц/га.

Сорт овса Альф германской селекции. Испытывался в течение трех лет, урожайность составила 32,7–62,7 ц/га. Устойчив к прорастанию на корню, к полеганию и осыпанию, пленчатость ниже стандарта. Стебель представляет собой полую, прочную соломину. Масса 1000 зерен – 35,2–38 г. Содержание сырого протеина от 10,7 до 15,8 %. Отзывчив на высокие дозы удобрений. Сроки сева ранние. Поражение корончатой ржавчиной на уровне стандарта. Требуется обработки инсектицидами против шведской мухи. Пригоден для возделывания на почвах разного гранулометрического состава.

Сорт овса Радиус чешской селекции. Стебель – прочная соломина. Средняя урожайность – 43,5 ц/га, максимальная – 78,2 ц/га. Сорт более устойчив к засухе и полеганию. Относительно устойчив к вредителям и болезням. Масса 1000 семян – 34,9–40,0 г. Натура 490–552 г/л. Содержание сырого протеина – 10,6 %. Пленчатость – 28,3 %.

Сорт овса Стралец (Беларусь, БелНИИЗиС; Польша, Ihar). Среднеспелый, стебель – прочная соломина средней толщины, лист со слабым восковым налетом. Метелка полусжатая, плотная, средней длины, желтая. Зерно пленчатое, среднее, полуудлиненное, желтое. Средняя урожайность составляет 45,9 ц/га, максимальная – 81,2 ц/га. Сорт зернофуражного направления. Масса 1000 зерен – 28,2–40,9 г. Пленчатость – 28,6 %, содержание сырого протеина – 12,4 %.

Сорт овса Дукач (Польша, Ihar). Среднеспелый, куст прямостоячий, стебель толстый, прочный. Соломина полая, средней длины, с сильным восковым налетом перед колоском. Лист темно-зеленый с сильным восковым налетом. Устойчив к полеганию. Зерно пленчатое, желтое, не опушенное, с единичными волосками. Пленка средней длины с сильным восковым налетом. Масса 1000 зерен – 27,9–41,5 г. Пленчатость – 24–29,5 %, содержание сырого протеина – 12,6 %. Вегетационный период – 73–98 дней. Средняя урожайность составила 31,9–52,1 ц/га, максимальная – 56,7 ц/га. Крупяные качества хорошие.

Сорт овса Чакал (Польша, Ihar). Среднеспелый, растение в фазе кущения прямостоячего типа, стебель – прочная соломина, опушенный. Лист средней ширины, опушенный по краям, метелка закрытого типа. Зерно пленчатое, окраска пленки желтая. Средняя урожайность составляет 42,4 ц/га, максимальная – 82,5 ц/га. Масса 1000 зерен – 35,9–42,1 г. Сорт относительно устойчив к засухе и полеганию. Содержание сырого протеина – 10,2–11,7 %. Сорт имеет низкую пленчатость, в среднем 25,5 %.

Сотрудниками института радиологии и института почвоведения и агрохимии были изучены параметры накопления радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr в зерне и соломе озимых и яровых форм 42 сортов зерновых культур. По каждой культуре исследование проводилось на 5–6 сортах, включенных в Государственный реестр (Тимофеев С. Ф. и др., 2007).

Оценку уровней радиоактивного загрязнения зерновых культур проводили на дерновоподзолистых супесчаных почвах. Проведенными исследованиями показаны существенные сортовые различия в аккумуляции ^{137}Cs и ^{90}Sr изучаемыми зерновыми культурами. Так, накопление ^{137}Cs зерном озимой ржи не превышало 30 Бк/кг, то есть по данному показателю все сорта соответствовали нормативам. (По нормам РДУ для переработки на пищевые цели содержание радионуклидов в зерне

не должно превышать: ^{137}Cs – 90 Бк/кг, ^{90}Sr – 11 Бк/кг). По уровням радиоактивного загрязнения ^{90}Sr между сортами выявлены существенные различия. Содержание этого радионуклида изменялось в пределах от 10 до 20 Бк/кг. Менее других накапливают ^{90}Sr сорта Сяброўка и Игуменская.

Полученные результаты исследований позволили определить коэффициенты пропорциональности (Кп) для изучаемых сортов озимой ржи (таблица 3.1).

Таблица 3.1 – Коэффициенты перехода радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr в зерно озимой ржи, Бк/кг : кБк/м²

Сорт	^{137}Cs	^{90}Sr
Сяброўка	0,02–0,03	0,69–0,86
Игуменская	0,03–0,04	0,77–1,01
Спадчына	0,02–0,03	0,88–1,11
Пуховчанка	0,03–0,04	1,09–1,41

Сорта озимой пшеницы характеризовались наименьшими параметрами перехода радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr в зерно, которые объясняются ее биологическими особенностями, связанными, в том числе, с более высокой потенциальной продуктивностью, обуславливающей снижение концентрации радионуклидов на единицу вещества (таблица 3.2).

Таблица 3.2 – Коэффициенты перехода радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr в зерно озимой пшеницы, Бк/кг : кБк/м²

Сорт	^{137}Cs	^{90}Sr
Капылянка (стандарт)	0,02–0,024	0,76–0,82
Каравай	0,01–0,02	0,74–1,09
Легенда	0,015–0,016	0,71–0,78
Былина	0,01–0,02	0,70–1,16
Центос	0,010–0,014	0,71–0,75
Завет	0,01–0,02	0,77–0,98
Кобра	0,01–0,02	0,94–1,11
Премьера	0,01–0,02	1,13–1,33
Щара	0,01–0,02	1,32–1,51

Коэффициенты перехода ^{137}Cs з почвы в зерно различных сортов озимой пшеницы варьировали от 0,014 (сорт Центос) до $0,024 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2 \text{ кг}^{-1}$ (сорт Капылянка). Наименьшим переходом ^{137}Cs в зерно характеризовался позднеспелый сорт Центос, накапливающий в 1,7 раза меньше

среднеспелого стандарта. Коэффициенты перехода ^{90}Sr в зерно изменялись от 0,70 (сорт Былина) – 0,76 (сорт Капылянка) до $1,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2 \text{ кг}^{-1}$.

Накопление радионуклидов в зерне разных сортов озимой пшеницы также связано со сроками созревания. Сорт Капылянка характеризовался наименьшей продолжительностью вегетационного периода, более низкой урожайностью и, как следствие, повышенной концентрацией ^{137}Cs и ^{90}Sr . Коэффициенты корреляции между содержанием радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr в зерне и урожайностью составили соответственно $r = -0,86$ и $-0,88$ (при уровнях значимости $p = 5$, $p = 0,05$). Менее других накапливали ^{90}Sr сорта Завет, Кобра, Былина.

Оценка уровней радиоактивного загрязнения зерна разных сортов озимого тритикале показала, что различия по содержанию ^{137}Cs незначительны (таблица 3.3). Такая же тенденция прослеживается и по переходу ^{90}Sr в зерно. Вместе с тем несколько выделяются сорта с меньшим содержанием этого радионуклида, такие как Мара, Сокол, Идея, Дубрава, Прадо.

Таблица 3.3 – Коэффициенты перехода радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr в зерно озимого тритикале, Бк/кг : кБк/м²

Сорт	^{137}Cs	^{90}Sr
Михась (ст.)	0,03–0,05	1,03–1,50
Бого	0,030–0,031	1,20–1,45
Марко	0,019–0,025	1,14–1,25
Мара	0,018–0,021	0,98–1,15
Сокол	0,016–0,020	0,90–1,06
Идея	0,02–0,03	0,59–0,80
Дубрава	0,02–0,03	0,69–0,96
Прадо	0,02–0,03	0,78–1,00

Колебания коэффициентов перехода ^{137}Cs в зерно яровой пшеницы составили 0,015 (сорт Иволга) – $0,04 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2 \text{ кг}^{-1}$ (сорт Дарья). По накоплению ^{137}Cs в зерне сорта располагались по убыванию в следующем порядке: Дарья, Росстань, Мунк, Банти, Ману, Кваттро (таблица 3.4).

Коэффициенты перехода радиостронция в зерно варьировали от 0,63 (сорт Ману) до $1,29 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2 \text{ кг}^{-1}$ (сорт Мунк). Из исследуемых сортов наименьшим накоплением радионуклидов отличались сорта Ману, Кваттро, Росстань, Иволга.

Среди всех изученных зерновых культур наиболее высокие показатели коэффициентов перехода, характеризующие уровни радиоактивного загрязнения, оказались у зерна овса.

Таблица 3.4 – Коэффициенты перехода радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr в зерно яровой пшеницы, Бк/кг : кБк/м²

Сорт	^{137}Cs	^{90}Sr
Ростань	0,02–0,03	0,68–0,86
Дарья	0,035–0,038	0,93–1,12
Банги	0,02–0,03	0,82–1,18
Мунк	0,02–0,03	0,98–1,29
Ману	0,032–0,035	0,63–0,70
Кваттро	0,024–0,030	0,64–0,70
Иволга	0,01–0,02	0,79–1,14
Контецца	0,02–0,03	0,93–1,21

Так, коэффициенты перехода радионуклида ^{137}Cs в зерно сортов овса составили от 0,025 (сорт Чакал) до $0,062 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2 \text{ кг}^{-1}$ (сорта Дукат и Эрбграф), кратность различия между сортами с наибольшим и наименьшим содержанием ^{137}Cs составила 1,4 раза (26 %) (таблица 3.5). По накоплению ^{137}Cs в зерне овса сорта располагались по убыванию в следующий порядок: Дукат, Эрбграф, Стралец, Альф, Чакал.

Таблица 3.5 – Коэффициенты перехода радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr в зерно овса, Бк/кг : кБк/м²

Сорт	^{137}Cs	^{90}Sr
Стралец (стандарт)	0,050–0,058	1,75–2,02
Дукат	0,058–0,063	1,19–1,46
Эрбграф	0,04–0,06	1,28–1,56
Альф	0,03–0,05	1,24–1,89
Чакал	0,046–0,052	1,58–1,65
Радиус	0,02–0,03	0,94–1,31

Коэффициенты перехода радионуклида ^{90}Sr из почвы в зерно сортов овса варьировали от 1,19 (сорт Дукат) до $1,9 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2 \text{ кг}^{-1}$ (сорт Альф). По наименьшему накоплению ^{90}Sr в зерне можно выделить сорта Дукат, Эрбграф.

Результаты наблюдений на территории радиоактивного загрязнения свидетельствуют о невысокой миграции ^{137}Cs в зерно ячменя (таблица 3.6).

По содержанию ^{90}Sr в зерне ячмень приближается к яровой пшенице. Коэффициенты пропорциональности радионуклида ^{90}Sr находились в пределах $0,71–1,68 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2 \text{ кг}^{-1}$.

Наименьший переход радионуклида ^{90}Sr был характерен для сортов Бурштын и Якуб.

Таблица 3.6 – Коэффициенты перехода радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr в зерно ячменя, Бк/кг : кБк/м²

Сорт	^{137}Cs	^{90}Sr
Бурштын	0,01–0,02	0,71–1,15
Якуб	0,01–0,02	0,86–1,33
Баронесса	0,0–10,02	1,00–1,38
Массарж	0,02–0,03	1,04–1,48
Сябра	0,01–0,02	1,19–1,68

В отношении ярового тритикале было установлено, что оно отличается минимальным накоплением в зерне ^{90}Sr среди всего перечня изученных зерновых культур и сортов, а ^{137}Cs – было на уровне остальных культур (таблица 3.7).

Таблица 3.7 – Коэффициенты перехода радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr в зерно ярового тритикале, Бк/кг : кБк/м²

Сорт	^{137}Cs	^{90}Sr
Ванад	0,02–0,03	0,50–0,64
Ульяна	0,02–0,03	0,57–0,71

Полученные величины КП позволяют рассчитать предельные плотности загрязнения дерново-подзолистой почвы радиоактивным стронцием, на которых можно гарантированно получить зерно, отвечающее нормативным показателям в зависимости от направления его дальнейшего использования.

В настоящее время производство нормативно чистой сельскохозяйственной продукции по содержанию ^{90}Sr возможно только на основе плановой трансформации угодий, дифференцированном размещении посевов сельскохозяйственных культур и целевом использовании конечной продукции на основе прогноза загрязнения урожая с учетом свойств почв и радиационного контроля.

В условиях радиоактивного загрязнения использование сортовых особенностей сельскохозяйственных культур, с одной стороны, может увеличить продуктивность гектара пашни, с другой, увеличить ареал возделывания культур, например, с целью производства продовольственного зерна. При этом экономическое положение сельхозпредприятий зоны загрязнения может существенно страдать при игнорировании дополнительного критерия оценки качества сельхозпродукции, не применяемого на “чистых” территориях – соответствии продукции по удельной активности Республиканским допустимым уровням (РДУ).

Проведенные исследования создали основу для расширения диапазона пригодных почв под производство продовольственного зерна на дерново-подзолистых супесчаных почвах, загрязненных ^{90}Sr . Одновременно к возделыванию на них стали рекомендовать такие сорта, как:

- озимая рожь – Сяброўка, Игуменская, Спадчына;
- озимая пшеница – Легенда, Центос, Капылянка, Завет;
- озимое тритикале – Идея, Сокол, Дубрава, Мара;
- яровая пшеница – Ману, Кваттро, Росстань, Иволга;
- ячмень – Бурштын, Якуб;
- яровое тритикале – Ванад, Ульяна.

Посев овса для продовольственных целей на почвах, загрязненных ^{90}Sr более 6,0–7,0 кБк/м² (более 0,15 Ки/км²), проводить нецелесообразно.

При превышении порогов плотности загрязнения почв ^{90}Sr посевы зерновых культур необходимо планировать на фураж, семена или на переработку на спирт.

3.1.1. Получение нормативно чистого зерна овса различной степени плёнчатости на загрязнённых радионуклидами землях

В течение ряда лет изучением данного вопроса занималась лаборатория агроэкологии института радиологии под руководством кандидата сельскохозяйственных наук Седуковой Г. В. совместно с сотрудниками РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по земледелию». Результаты исследований послужили базой для разработки практических рекомендаций для специалистов сельскохозяйственного профиля «Возделывание зерна овса различной степени плёнчатости на загрязненных радионуклидами землях» (Минск, 2013). Основные выводы и положения этих рекомендаций использовались при подготовке данного подраздела.

Как указывают авторы рекомендаций, в структуре посевных площадей Республики Беларусь наибольшую долю (более 50 %) занимают зерновые культуры. Среди них важнейшей зерновой культурой, по сумме посевных площадей, занимающей пятое место в мире, является овёс. Вместе с тем в радиологических исследованиях установлено, что овёс больше всего накапливает радионуклиды в сравнении с другими зерновыми культурами. По этой причине посевы овса на продовольственные цели на дерново-подзолистых супесчаных почвах, загрязнённых ^{90}Sr более 6,0–7,0 кБк/м² (более 0,15 Ки/км²) не

рекомендуются. Существуют ограничения по плотности загрязнения почвы ^{90}Sr и для получения фуражного зерна овса (до 2 Ки/км²) (Цыбулько Н. Н. и др., 2012). Однако из-за высокой питательной ценности и кормовых достоинств зерно овса не исключают полностью из структуры посевов на загрязненных землях. Для снижения аккумуляции радионуклидов в урожае проводится поиск высокопродуктивных сортов, отличающихся меньшим накоплением радиоактивных веществ. Показано, что межсортовые различия при корневом пути поступления радионуклидов могут достигать 1,5–3 раза, межвидовые различия – 10–30 раз (Богдевич И. М. и др., 2008; Бондарь Ф. П., 1998).

В этой связи РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по земледелию» рекомендовал для возделывания ряд сортов, имеющих низкий процент плёнчатости или же голозёрные формы овса. Содержание радионуклидов в зерновых оболочках значительно больше, чем в эндосперме зерна, а, следовательно, голозёрные сорта овса накапливают в хозяйственно ценной части меньше ^{90}Sr по сравнению с плёнчатыми формами культуры. Кроме этого, голозёрные формы овса характеризуются более высоким содержанием белка, масла и крахмала в зерне, превосходят по питательной ценности, аминокислотному и витаминному составу.

Известно, что кормовая ценность овса в значительной степени определяется его плёнчатостью, которая составляет от 18 до 45 % и зависит от сорта, условий выращивания, степени зрелости и крупности зерна. Плёнчатость обуславливает наличие в зерне высокого уровня остовых углеводов, которые практически не перевариваются. Шелушение же овса является дорогостоящим технологическим приёмом. Поэтому создание голозёрных сортов является одним из перспективных направлений селекции в мире и обусловлено развитием современных ресурсо- и энергосберегающих технологий возделывания культуры и переработки сырья. Ввиду отсутствия плёнок на семени значительно сокращается количество энергии на их переработку для получения различной продукции. При переработке на пищевые продукты выход готовой продукции увеличивается на 20–25 %.

Сравнение питательных характеристик голозёрного овса с плёнчатыми формами и другими зерновыми фуражными культурами (таблица 3.8) свидетельствует о существенном преимуществе последнего практически перед всеми видами кормового злакового зерна.

Биохимический состав зерна у голозёрных сортов овса имеет существенное их преимущество по отношению к плёнчатым стандартам по содержанию протеина (сырого – 18,8 %, переваримого – 16,6 %),

крахмала (54,7 %) и масла (6,4 %) при максимально низком содержании сырой клетчатки. Это означает, что голозёрный овёс, введённый в рацион или комбикорм, поставляет в организм в 2 раза больше переваримого протеина, чем овёс плёнчатый при той же дозе введения. По питательности и энергии бесплёнчатый овёс превосходит обычный до 27 %. Кроме того, голозёрный овёс характеризуется максимальной концентрацией лизина и метионина среди всех сравниваемых злаковых кормовых культур. Снижение концентрации клетчатки в голозёрном овсе зафиксировано до уровня 2,8 %, тогда как в стандартном варианте этой культуры концентрация клетчатки колеблется в пределах 10–10,5 %.

Таблица 3.8 – Сравнительная питательность овса разных форм и традиционных фуражных культур (Подобед Л.И., 2008)

Показатели	Овёс голозёрный	Овёс плёнчатый	Кукуруза	Пшеница	Ячмень
Обменная энергия для птицы, ккал/100 г	326	257	326,5	295	267
Обменная энергия для свиней, ккал/100 г	332	261	337	305	283
Кормовые единицы	1,26	1,00	1,23	1,05	1,17
Сырой протеин, %	18,8	13,4	9,8	14,1	11,9
Переваримый протеин, %	16,6	8,1	6,7	11,1	9,0
Сырая клетчатка, %	2,8	10,3	2,9	3,5	5,5
Сырой жир, %	7,3	4,3	4,3	2,2	2,1
Крахмал, %	54,7	32,0	55,5	51,5	48,5
Сахар, %	4,4	2,5	4,0	2,0	2,0
Лизин, г/кг	5,8	3,8	2,8	3,0	4,4
Метионин, г/кг	3,2	1,4	1,9	1,8	1,8
Метионин + цистин, г/кг	5,0	3,4	2,9	3,8	3,6
Триптофан, г/кг	1,5	1,5	0,8	1,8	1,6

Практика кормления сельскохозяйственных животных и экономическая эффективность показывают, что голозёрный овёс можно вводить в состав комбикормов для птицы и свиней до 40–45 % по массе. Включение в рационы кур-несушек до 40 % голозёрного овса обеспечивало дополнительную прибыль за счёт замены в рационах части дефицитного зерна кукурузы и пшеницы. При кормлении голозёрным овсом поросят денежный доход на каждом килограмме прироста живой массы повышался на 3–3,5 %, по сравнению с шелушенным овсом.

Интегральным показателем, характеризующим эффективность возделывания сельскохозяйственных культур, является их продуктивность (ц/га и к.ед.). Продуктивность различных форм овса видна на примере 4 сортов белорусской селекции, характеризующихся различной степенью плёнчатости, а именно: Стралец, Юбиляр, Запавет и Вандроўнік.

При возделывании овса на дерново-подзолистых супесчаных почвах, урожайность зерна овса в среднем находилась на уровне 39–55 ц/га (таблица 3.9).

Максимальный выход зерна (урожайность зерна без учёта плёнки) характерен для овса низкоплёнчатого сорта Юбиляр и голозёрного сорта Вандроўнік

Таблица 3.9 – Сравнительная оценка урожайности сортов овса с различной степенью плёнчатости зерна

Сорт	Урожайность, ц/га	
	с учётом плёнок	без учёта плёнок
Стралец, высокоплёнчатый	45	32
Юбиляр, низкоплёнчатый	55	41
Запавет, низкоплёнчатый	43	33
Вандроўнік, голозёрный	39	39

Низкий процент сырой клетчатки в корме указывает на его более высокую питательность. Результаты анализов свидетельствуют, что содержание сырой клетчатки в зерне голозёрного сорта Вандроўнік самое низкое и составляет 22–28 г/кг, что в среднем ниже, чем в плёнчатых сортах в 2,2–2,4 раза. Следующим важнейшим показателем питательности корма является содержание белка или протеина. Максимальное количество переваримого протеина (123–129 ц/га) установлено в зерне голозёрного овса сорта Вандроўнік Из этого следует, что с уменьшением плёнчатости зерна в нём увеличивается содержание переваримого протеина.

Авторами рекомендаций также показано, что внесение удобрений способствует увеличению содержания переваримого протеина в зерне различных сортов овса. Максимальное содержание переваримого протеина в зерне плёнчатых сортов обеспечивало применение системы удобрений в дозе $N_{90}P_{60}K_{120}+Cu$, в голозёрном зерне – в дозе $N_{60}P_{60}K_{90}$.

При этом эффективность удобрений на различных сортах не одинаковая. После внесения удобрений в дозе $N_{90}P_{60}K_{120}+Cu$ содержания протеина увеличивалось в высокоплёчатом зерне на 18 % (18 г/кг), в зерне низкоплёчатых сортов – на 11–13 % (12 г/кг). В то время как в зерне голозёрного овса содержание переваримого протеина увеличивалось всего на 7 г/кг, или только на 5 %. При этом содержание переваримого протеина в зерне голозёрного овса даже на контрольном участке было на 6–19 % (2–18 г/кг) выше, чем в зерне плёчатых форм при внесении удобрений. Данный факт подтверждает ценность зерна голозёрных форм.

Зерно голозёрного сорта Вандроўнік характеризуется также и наибольшим содержанием сырого жира (49 г/кг). Содержание жира в голозёрном зерне на 7–46 % (3–23 г/кг) больше, чем в зерне овса плёчатых форм. Внесение удобрений способствовало повышению количества сырого жира в зерне плёчатых форм на 10–20 % (8–15 г/кг).

Содержание кормовых единиц в зерне различных по плёчатости сортов овса приближается к единице и варьирует в пределах 0,98–1,06. Максимальное количество кормовых единиц содержится в зерне голозёрного овса сорта Вандроўнік, минимальное в зерне низкоплёчатого сорта Юбиляр.

Актуальной и приоритетной задачей растениеводческого сектора является обеспечение кормовой единицы достаточным количеством переваримого протеина. Дефицит белка в рационах скота и птицы обычно влечёт за собой существенный перерасход кормов на единицу продукции и соответствующий её недобор. По научно обоснованным данным в 1 кормовой единице должно быть не менее 105–110 г переваримого протеина.

В зерне голозёрного овса и низкоплёчатого сорта Запавет даже без применения удобрений кормовая единица полностью обеспечивается переваримым протеином. В зерне высокоплёчатого сорта Стралец только после внесения минеральных удобрений в дозе $N_{90}P_{60}K_{120}+Cu$ кормовая единица достигает оптимальных значений по протеину.

Для сравнения различных сортов овса и влияния системы удобрений на качество зерна авторы рекомендаций использовали кормопротеиновую единицу (КПЕ), которая объединяет в себе общую и протеиновую питательность (Мартиросов С. И., 1977). Условная кормопротеиновая единица (КПЕ) рассчитывалась по формуле:

$$КПЕ = КЕ + 10ЧПП/2,$$

где – КПЕ – количество кормопротеиновых единиц, кг;
 КЕ – количество кормовых единиц в 1 кг продукции;
 ПП – количество переваримого протеина в 1 кг продукции, кг.

Наибольшее количество кормопротеиновых единиц содержится в зерне голозёрного овса – 1,17 кг на фоне $N_{90}P_{60}K_{120}+Cu$. Содержание кормопротеиновых единиц у плёнчатых сортов на 5–14 % меньше, чем у голозёрного Вандроўніка.

После внесения минеральных удобрений увеличивалось количество кормопротеиновых единиц в зерне овса у плёнчатых сортов на 7–10 %, у голозёрного – на 3 %. Меньшее увеличение КПЕ в зерне голозёрного овса при внесении минеральных удобрений свидетельствует о высоком генетическом потенциале данной формы, который проявляется даже на неудобренном фоне возделывания.

В отношении миграции радионуклидов из почвы в зерно овса показано следующее. Коэффициенты перехода ^{137}Cs для зерна различных по плёнчатости сортов овса в зависимости от обеспеченности почв подвижными формами калия (K_2O) изменялись от 0,04 до 0,11 Бк/кг:кБк/м² (таблица 3.10).

Таблица 3.10 – Коэффициенты перехода ^{137}Cs в зерно овса различной степени плёнчатости в зависимости от обеспеченности дерново-подзолистых супесчаных почв подвижным калием, Бк/кг:кБк/м²

Сорт, степень плёнчатости	Содержание K_2O , мг/кг почвы				
	<80	81–140	141–200	201–300	>300
Стралец, высокоплёнчатый	0,09	0,09	0,07	0,06	0,05
Юбиляр, низкоплёнчатый	0,11	0,10	0,08	0,06	0,04
Запавет, низкоплёнчатый	0,08	0,07	0,06	0,05	0,04
Вандроўнік, голозёрный	0,10	0,09	0,07	0,05	0,04

Коэффициенты перехода ^{90}Sr для зерна овса различных форм в зависимости от величины обменной кислотности (pH_{KCl}) колебались в пределах от 0,8 до 3,4 Бк/кг:кБк/м² (таблица 3.11).

Минимальные K_p ^{90}Sr были характерны для зерна низкоплёнчатого сорта Запавет и голозёрного зерна сорта Вандроўнік.

Таблица 3.11 – Коэффициенты перехода ^{90}Sr в зерно овса различной плёнчатости в зависимости от величины обменной кислотности $\text{pH}_{(\text{KCl})}$ дерново-подзолистых супесчаных почв, Бк/кг:кБк/м²

Сорт, степень плёнчатости	Величина обменной кислотности почв $\text{pH}_{(\text{KCl})}$					
	<4,5	4,5–5,0	5,1–5,5	5,6–6,0	6,1–7,0	>7,0
Стралец, высокоплёнчатый	3,2	2,5	2,0	1,6	1,3	1,0
Юбиляр, низкоплёнчатый	3,4	2,5	1,9	1,4	1,1	0,8
Запавет, низкоплёнчатый	2,3	1,9	1,6	1,3	1,1	0,9
Вандроўнік, голозёрный	2,5	2,1	1,7	1,4	1,2	1,0

Таким образом, рациональное применение удобрений в сбалансированных дозах способствует снижению коэффициентов перехода в сельскохозяйственную продукцию. При возделывании различных сортов овса на дерново-подзолистой супесчаной почве с кислой реакцией среды ($\text{pH}_{\text{КС}} - 5,0$) и недостаточным содержанием гумуса – 1,6 %, минимальные $\text{Kп } ^{90}\text{Sr}$ обеспечивает система удобрений в посевах низкоплёнчатого сорта Запавет $\text{N}_{90}\text{P}_{60}\text{K}_{120}$, в посевах голозёрного сорта Вандроўнік и высокоплёнчатого сорта Стралец – $\text{N}_{90}\text{P}_{60}\text{K}_{120}+\text{Cu}$.

Максимальные значения $\text{Kп } ^{90}\text{Sr}$ характерны для зерна низкоплёнчатого сорта Юбиляр и высокоплёнчатого сорта Стралец, возделываемых без применения удобрений.

3.2. Возделывание кукурузы

Кукуруза в Беларуси является важной сельскохозяйственной культурой, которая используется для производства зеленой массы, силоса и зернофуража. Обладая высоким потенциалом продуктивности, она дает высокие урожаи как во влажные, так и в засушливые годы. Кукуруза сравнительно хорошо выдерживает монокультуру и требует меньше затрат на защиту от болезней и вредителей. В экстремальных условиях весенне-летней засухи, когда основные зерновые резко снижают урожайность, кукуруза формирует урожай зерна в 1,5–3,0 раза выше колосовых культур. Есть и другие достоинства при выращивании кукурузы на зерно: возможность длительной уборки без потерь (до одного месяца) и отсутствие полегания на высоком фоне удобрений (Шлапунов В. Н. и др., 1988; Коренев Г. В. и др., 1988; Щербаков В. А. и др., 1998).

Кукуруза – *Zea mays* L. – однолетнее растение семейства Злаковые (Graminaceae). Растение однодомное, раздельнополое, перекрестноопыляющееся. Корневая система – мочковатая, мощная. Основная масса корней находится в слое 0–40 см, а рабочая поверхность в виде тонких разветвлений и ризосферы – в слое 20–60 см.

Стебель высотой от 1,6 до 3,6 м и более, хорошо облиственный, заполнен губчатой сердцевинной, состоит из узлов и междоузлий в количестве 8–12 у раннеспелых форм и 24–40 – у позднеспелых. В пазухах листьев на 5–8-м надземных узлах образуется от 1 до 4 женских соцветий (початков). Мужское соцветие – метелка образуется на продолжении верхнего междоузлия. Плод у кукурузы – зерновка, масса 1000 семян от 100–150 до 300–400 г, зерновка белого, кремового, желтого, оранжевого, красного, фиолетового, черного цветов. Початок в среднем имеет 500–600 зерен.

Кукуруза – теплолюбивая и светолюбивая культура короткого дня. Она плохо переносит резкие колебания температуры почвы и воздуха. При недостатке влаги в почве проросток семени пробуждается при температуре 6 °С, прорывает оболочку при 8 °С, а всходы появляются только при 10 °С. Температурный фактор сильное влияние оказывает также и на длину межфазных периодов развития. Минимальная температура для появления всходов, а осенью для наращивания массы и созревания зерна +10 °С. Хорошо растет кукуруза при среднесуточной температуре 15°С. Кратковременные весенние заморозки до – 2–3 °С (а на плодородных участках до – 4–5 °С) не губят точку роста, и с наступлением тепла растение возобновляет свой рост. Заморозки в период цветения сокращают озерненность початков. При недостатке тепла рост и развитие растений сильно задерживаются, урожайность резко снижается. Растения кукурузы плохо переносят затенение. В загущенных посевах развитие их задерживается и початки не образуются.

Родиной кукурузы считается Южная и Центральная Америка, чем и объясняется ее высокая потребность в тепле. Каждой группе спелости гибридов кукурузы соответствует определенная сумма эффективных температур, необходимая для достижения той или иной фазы спелости зерна (таблица 3.12).

В последние годы в Беларуси отмечается существенное увеличение сумм эффективных температур, что позволяет получать не только качественное силосное сырье, но и зрелое зерно раннеспелых гибридов даже в некоторых районах Витебской области. Сеют кукурузу во второй половине апреля – первой половине мая, при прогревании почвы до 8–10 °С, убирают до наступления заморозков. Макси-

мальная продуктивность и сохранность питательных веществ достигается при уборке ее в восковой спелости.

Таблица 3.12. – Тепловой режим гибридов различных групп спелости (среднее за 2000–2007 гг.)

Группа спелости	ФАО	Сумма эффективных температур от сева до спелости зерна, °С			
		полной	восковой	молочно-восковой	молочной
Раннеспелые	131–180	820–870	770–820	720–770	670–720
Среднеранние	181–230	870–920	820–870	770–820	720–770
Среднеспелые	231–280	920–970	870–920	820–870	770–820
Среднепоздние	281–330	1080–1130	970–1020	880–930	820–870

Кукуруза – засухоустойчивое растение. Для нормального роста и развития требует оптимальной влажности почвы несколько ниже, чем у других культур – 60–70 % от полной влагоёмкости. Однако при недостатке влаги в период интенсивного роста (10 дней до выбрасывания метелок и около 20 дней после него) резко сокращается урожайность. В то же время избыточное увлажнение задерживает рост и развитие растений.

Кукуруза является одной из культур, наиболее требовательных к условиям произрастания и минерального питания. Для возделывания кукурузы необходимы воздухопроницаемые, с глубоким гумусовым горизонтом, хорошо обеспеченные питательными веществами в доступных формах, слабокислые или с нейтральной реакцией (рН 5,5–7,0) почвы. Лучшими почвами для нее являются легко- и среднесуглинистые и супесчаные, подстилаемые мореной, почвы. Непригодны для возделывания кукурузы глинистые и переувлажненные почвы (Лапа В. В. и др., 2007;].

Лучшие предшественники для кукурузы – пропашные, зернобобовые, однолетние и многолетние бобовые травы, а также удобренные навозом зерновые. Однако для получения высокого урожая кукурузы решающее значение имеют запасы питательных веществ в почве и ее влагообеспеченность. При выборе участка необходимо внимание и на заселенность почвы проволочником – опасным для кукурузы вредителем. Его наличие лучше определять в предшествующий посеву кукурузы год и при заселенности более 5 шт./м² проводить обработку семян инсектицидами – гаучо (4–5 л/т), командор (7 л/т) и другими. Кукуруза дает высокие урожаи и при повторном возделывании. Такие посевы в течение 2–3 лет на одном участке позволяют легче подобрать пригодное поле по плодородию, упростить систему

обработки почвы и борьбы с сорной растительностью, эффективно использовать органические удобрения, гербициды и получать высокую урожайность (Богдевич И. М. и др., 2009).

Зерно кукурузы – важное сырье для производства крахмала, декстринов и спирта. Его многосторонне используют в качестве сырья для пищевых продуктов. В Беларуси кукуруза возделывается преимущественно на фуражные цели. Занимая в мире 20 % в структуре зернового клина, она обеспечивает 30 % валовых сборов зерна. Это самая урожайная в мире и нашей стране зерновая культура. Средняя урожайность зерна кукурузы в мире приблизилась к 5 т/га. Во многих странах Западной Европы она в два и более раз превышает среднюю мировую урожайность. Из кукурузы заготавливают не только сочные, но и концентрированные корма с высокой концентрацией энергии. Это обуславливает превосходные качества корма для животных. Достоинством этой культуры является улучшение качества зелёной массы после фазы цветения с одновременным ростом урожая сухого вещества и выхода кормовых единиц. Ее питательная ценность в зависимости от фазы развития растений изменяется в пределах от 13–15 до 28–30 кормовых единиц на 100 кг силосной массы, а общий сбор с гектара, по данным государственного сортоиспытания, приближается к 20 тыс. к. ед.

Зерно кукурузы имеет высокую энергетическую ценность: один килограмм приравнивается к 1,34 кормовым единицам, тогда как 1 кг ячменя – к 1,26, ржи – 1,18, овса – 1,0. Кукурузное зерно – превосходный источник энергии, но оно бедно протеином (9–11%) (Богдевич И. М. и др., 2009; Шпаков А. П. и др., 1991).

Рассматривая динамику посевных площадей кукурузы на кормовые цели в Республике Беларусь за длительный период, с 1961 по 2007 гг., следует отметить её нестабильность (Никончик П. И., 2008). Это объясняется как повышенной требовательностью кукурузы к уровню плодородия почв, высоким дозам органических и минеральных удобрений, так и невысоким уровнем урожайности зелёной массы в результате нарушения технологических регламентов, особенно в годы с неблагоприятными погодными условиями. Стремительное удорожание энергоносителей делает экономически невыгодным возделывание кукурузы при низкой урожайности (менее 300 ц/га зелёной массы). По оценкам академика Л. В. Кукреша и профессора М. А. Кадырова, совокупные затраты энергии на формирование 1 ц кормовых единиц из клевера составляют только 98,2 Мдж, что в 4,5 раза меньше, чем при возделывании кукурузы на силос (Кукреш Л. В., Кадыров М. А., 2005).

В последние годы в республике динамично развивается животноводство и увеличивается потребность в высококачественных кормах, что создает материально-технические предпосылки для повышения урожайности кукурузы и расширения ее посевных площадей. Создание отечественного семеноводства кукурузы в НПЦ НАН Беларуси по земледелию позволяет возделывать кукурузу на зерно на большой площади. Однако потенциал продуктивности новых гибридов кукурузы используется не полностью, и урожайность зерна в большинстве хозяйств не превышает 50 ц/га. В то же время в передовых хозяйствах Республики Беларусь намолот зерна кукурузы достигает 100 и более центнеров с 1 га (Богдевич И. М., и др., 2009).

Расширение посевов кукурузы при возделывании ее на зерно позволяет пополнить кормовую базу в южных районах Беларуси, где посевы многолетних бобовых трав зачастую ограничиваются засушливыми периодами вегетации и высокой плотностью загрязнения почв радионуклидами (Богдевич И. М. и др., 2003).

Основные площади (95 %) пахотных земель, загрязненных ^{90}Sr , находятся в Гомельской области, природно-климатические условия которой наиболее благоприятны для возделывания кукурузы на зерно и позволяют не только полностью обеспечить регион семенным материалом, но и произвести его для других областей республики. Следовательно, есть потенциальная возможность исключить импорт дорогостоящих семян кукурузы на территорию страны.

Известно, что проведение комплекса агрохимических и агротехнических защитных мероприятий (контрмер): известкование почв, внесение органических, минеральных и микроудобрений, подбор культур и сортов способствует уменьшению перехода ^{137}Cs и ^{90}Sr из почвы в растения и одновременно позволяет повысить урожайность возделываемых культур и плодородие почв.

Совершенствование основных элементов технологии возделывания кукурузы, с учетом снижения величины перехода радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr в продукцию, является актуальным вопросом во все периоды после аварии на Чернобыльской АЭС. Необходимо, прежде всего, расширять и обновлять базу данных коэффициентов перехода радионуклидов из почвы в зеленый корм и зерно кукурузы. Достоверность и надежность прогноза всегда повышается при использовании уточненных экспериментальных данных. Особенно актуально получение экспериментальных параметров перехода радионуклидов в зерно новых гибридов кукурузы, производимых в Беларуси, и импортируемых из Молдовы, России, Венгрии, Франции и других стран и используемых на загрязненных радионуклидами землях.

Кукуруза относится к кормовым культурам, сравнительно мало накапливающим радионуклиды. По накоплению ^{137}Cs в зеленой массе культуры располагаются в убывающий ряд: многолетние злаковые травы > люпин > рапс > многолетние > бобово-злаковые смеси > клевер > горох > горохо-овсяная и вико-овсяная смеси > кукуруза. Только картофель и кормовая свекла накапливают ^{137}Cs меньше, чем зеленая масса кукурузы.

По накоплению ^{90}Sr в зеленой массе культуры располагаются в следующем по убыванию порядке: клевер > люпин > горох > многолетние злаковые травы на пойменных землях > многолетние злаково-бобовые смеси > вика > рапс яровой > горохо-овсяные и вико-овсяные смеси > травы естественных сенокосов > травы на осушенных землях > травы на пахотных землях > кукуруза. Лишь в корнеплодах кормовой свеклы содержание ^{90}Sr меньше, чем в зеленой массе кукурузы, а клубнях картофеля меньше, чем в корнеплодах свеклы (Богдевич И. М. и др., 2009).

Параметры перехода радионуклидов из почв в сельскохозяйственные культуры отличаются весьма большой вариабельностью. Из всех физико-химических характеристик, оказывающих влияние на подвижность и доступность ^{137}Cs и ^{90}Sr , исследователями выделено около десяти основных, которые по возрастающей значимости можно расположить в следующий ряд: влажность, соотношение форм нахождения радионуклидов, гранулометрический состав, минералогический состав, содержание органического вещества, содержание подвижного K_2O , обменных CaO и MgO , емкость катионного обмена, величина обменной кислотности $\text{pH}_{\text{КСI}}$. Определение влияния отдельных почвенно-климатических факторов и агрохимических свойств на поступление радионуклидов в сельскохозяйственные культуры является сложной задачей, поскольку большинство из них тесно взаимосвязаны между собой, и изменение одного из них приводит к изменению всего комплекса показателей в целом (Алексахин Р. М. и др., 1997; Бондарь П. Ф., 1983; Подоляк А. Г. и др., 2004).

В нормативных документах, действующих на территории Беларуси, России и Украины, в условиях производства для прогноза содержания ^{137}Cs и ^{90}Sr в сельскохозяйственных культурах и кормах на всех типах почв используются два агрохимических показателя: содержание подвижного калия для прогноза ^{137}Cs и величина обменной кислотности $\text{pH}_{\text{КСI}}$ для прогноза ^{90}Sr .

В послеаварийные годы на территории радиоактивного загрязнения Беларуси сотрудниками института радиологии и института почвоведения и агрохимии проводилось изучение накопления радио-

нуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr в зерне и зелёной массе основных районированных гибридов кукурузы в зависимости от содержания подвижного калия и реакции дерново-подзолистых супесчаных почв (Богдевич И. М., Подоляк А. Г. и др., 2009).

На основании данных полевых опытов и исследований производственных посевов были установлены корреляционные связи между величиной коэффициентов перехода ^{137}Cs и ^{90}Sr для зеленой массы и зерна кукурузы и основными агрохимическими свойствами дерново-подзолистых супесчаных почв. С этой целью в производственных посевах на дерново-подзолистых супесчаных почвах с различным содержанием подвижных форм калия и различной степенью кислотности (pH_{KCl}) наиболее загрязненных участков в Брагинском, Буда-Кошелевском, Ветковском, Добрушском, Калинковичском, Лоевском, Мозырском, Хойникском и Чечерском районах Гомельской области проводился отбор сопряженных проб почвы и растений кукурузы на 113 учетных площадках.

Плотность загрязнения почвы ^{137}Cs , обследованных производственных посевов под кукурузой, находилась в пределах от 37 до 1480 $\text{кБк}/\text{м}^2$ (от 1,0 до 40,0 $\text{Ки}/\text{км}^2$) и ^{90}Sr – от 3,7 до 74 $\text{кБк}/\text{м}^2$ (от 0,1 до 2,0 $\text{Ки}/\text{км}^2$). За годы исследований удельная активность зеленой массы кукурузы варьировала в широких пределах. Содержание ^{137}Cs различалось от 2 до 42 $\text{Бк}/\text{кг}$, содержание ^{90}Sr – от 1 до 125 $\text{Бк}/\text{кг}$. Результаты исследований позволили определить дифференцированные коэффициенты перехода радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr из почвы в зерно и зелёную массу кукурузы (таблицы 3.13 и 3.14).

Таблица 3.13 – Коэффициенты перехода ^{137}Cs в зерно и зеленую массу кукурузы в зависимости от содержания подвижного калия в дерново-подзолистых супесчаных почвах, $\text{Бк}/\text{кг} : \text{кБк}/\text{м}^2$

Вид продукции	Содержание K_2O в почве, $\text{мг}/\text{кг}$				
	<80	81–140	141–200	201–300	>300
Зерно (влажность 14 %)	–	0,09	0,06	0,03	0,03
Зеленая масса (влажность 82 %)	–	0,12	0,08	0,04	0,03

Из табличных показателей видно, что кукуруза характеризуется сравнительно невысокими параметрами перехода ^{137}Cs как в зерно, так и в зеленую массу. Коэффициенты перехода ^{137}Cs в продукцию кукурузы существенно снижаются (до 3 раз) по мере повышения содержания подвижного калия в дерново-подзолистых супесчаных поч-

вах в диапазоне от 100 до 300 мг K_2O на 1 кг почвы. При дальнейшем повышении подвижного калия в почве до уровней 400–450 мг/кг наблюдается незначительное уменьшение коэффициентов перехода ^{137}Cs в продукцию кукурузы. А при избыточном содержании K_2O , в диапазоне 450–650 мг/кг почвы, происходит повышение перехода ^{137}Cs , особенно в зеленую массу кукурузы.

Также установлено заметное (до 2 раз) снижение параметров перехода ^{137}Cs в зеленую массу и зерно кукурузы по мере нейтрализации реакции супесчаных почв от сильнокислой до нейтральной, в диапазоне pH_{KCl} 4,5–6,5. Однако последние показатели коррелируют менее существенно, чем от содержания подвижного калия в почве.

Кукуруза отличается более высоким накоплением в продукции ^{90}Sr , чем ^{137}Cs . При равной плотности загрязнения почвы кукуруза накапливает ^{90}Sr в зеленой массе и в зерне на порядок больше, чем ^{137}Cs .

Переход ^{90}Sr в сельскохозяйственные растения в наибольшей мере снижается по мере насыщения поглощающего комплекса почвы кальцием и смещения реакции от кислой до нейтральной. Это можно было наблюдать и на производственных посевах кукурузы.

При нейтрализации кислотности супесчаной почвы от pH 4,5 до 7,0 переход ^{90}Sr в зеленую массу кукурузы снижается втрое, а в зерно – в четыре раза. В таблице 3.14 приведены средние коэффициенты перехода ^{90}Sr в зеленую массу и зерно кукурузы по группам кислотности супесчаных почв.

Таблица 3.14 – Коэффициенты перехода ^{90}Sr в зерно и зеленую массу кукурузы в зависимости от реакции дерново-подзолистых супесчаных почв

Вид корма	pH_{KCl}					
	<4,5	4,6–5,0	5,1–5,5	5,6–6,0	6,1–7,0	>7,0
Зерно (влажность 14%)	0,89	0,64	0,43	0,28	0,20	0,17
Зеленая масса (влажность 82%)	2,22	1,90	1,57	1,28	0,91	0,62

Повышение содержания подвижного калия в почве в диапазоне 100–300 мг K_2O на кг почвы в меньшей степени, но также способствует снижению в 1,7–2 раза перехода ^{90}Sr в зеленую массу и зерно кукурузы.

При необходимости составления прогнозов накопления ^{90}Sr в зеленой массе и зерне кукурузы, возделываемой на суглинистых почвах, предложено использовать понижающий коэффициент к параметрам таблицы 3.14 путём умножения их на 0,7. Для кукурузы

возделываемой на песчаных почвах, наоборот, коэффициенты перехода, указанные в таблице 3.14, увеличиваются в 1,3 раза.

На миграцию радионуклидов из почвы в растения существенным образом влияют агрохимические свойства дерново-подзолистых супесчаных почв. Агрохимические свойства почв не только определяют переход радионуклидов в растения и накопление их в продукции, но и в значительной мере влияют на величину урожайности.

В проведенных исследованиях урожайность кукурузы варьировала в широких пределах: от 99 до 934 ц/га зеленой массы и от 12 до 149 ц/га зерна. В таблице 3.15 приведены показатели урожая кукурузы сгруппированные с интервалом 200 ц/га зеленой массы в сопоставлении со средними показателями агрохимических свойств почв.

Таблица 3.15 – Агрохимические свойства дерново-подзолистых супесчаных почв на учетных площадках с различной урожайностью кукурузы

Группы по урожайности зеленой массы, ц/га	Количество учетов	Урожай зерна, ц/га	Агрохимические свойства почв					
			рН _{KCl}	Гумус, %	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	CaO
<200	10	22,7	4,90	1,61	262	184	51	454
201–400	44	38,6	6,05	1,99	308	253	152	709
401–600	29	54,0	6,14	2,20	339	366	149	752
601–800	23	84,8	6,12	2,19	342	321	147	747
>800	7	93,2	6,19	2,99	357	382	181	933
По совокупности	113	53,9	6,00	2,11	322	298	143	719

Урожайность кукурузы зависит от множества факторов, включая уровень плодородия почв, удобрения, комплекс защиты растений от сорняков, болезней и вредителей, метеорологические условия, уровень материально-технического обеспечения хозяйства и организации труда. Урожайность более 600 ц/га зеленой массы (более 80 ц/га зерна) была получена на участках с оптимальными агрохимическими показателями плодородия почв. В совокупности всех учетных площадок урожайность зерна кукурузы тесно коррелировала с урожайностью зеленой массы.

Из всех агрохимических свойств почв содержание подвижного калия в почвах наиболее тесно коррелирует с урожайностью кукурузы. Зависимость урожайности зеленой массы и зерна кукурузы от содержания подвижных форм калия в почвах описывается параболической кривой. Расчетный максимум урожайности зеленой массы соот-

ветствует содержанию K_2O 427 мг/кг, а зерна – 376 мг/кг почвы. Однако результаты исследований показали, что наиболее высокие уровни урожайности (свыше 600 ц/га зеленой массы и свыше 100 ц/га зерна) получены в довольно широком диапазоне показателей K_2O в почве – от содержания 170 мг/кг до 427 мг/кг. Очевидно, что при подвижном калии в почве свыше 400 мг/кг происходит снижение урожайности вследствие избыточной концентрации почвенного раствора. Из этого следует, что необходим контроль за соблюдением рекомендованных доз калийных удобрений с целью недопущения их неэффективного использования.

Кукуруза отличается повышенной отзывчивостью на обеспеченность почв органическими веществами, хотя наиболее высокая урожайность зеленой массы наблюдалась в широком диапазоне содержания гумуса – от 1,5 до 3,5 %.

Результаты исследований производственных посевов кукурузы на территории радиоактивного загрязнения подтверждают целесообразность тщательного подбора окультуренных участков дерново-подзолистых почв для размещения посевов кукурузы. Для гарантированного получения свыше 500 ц зеленой массы или 60 ц зерна с гектара кукурузу следует размещать на хорошо окультуренных дерново-подзолистых связно- и рыхлосупесчаных почвах, подстилаемых моренными суглинками, с повышенным содержанием гумуса (>2 %), подвижных форм P_2O_5 и K_2O (200–400 мг/кг), близкой к нейтральной реакцией ($pH_{КСЛ}$ 5,6–7,0). При этом особо важная роль отводится применению системы удобрений, обеспечивающей как формирование высокой урожайности кукурузы, так и улучшение агрохимических показателей плодородия почв.

Что касается особенностей возделывания кукурузы в условиях радиоактивного загрязнения, то следует подчеркнуть, что в целом технология возделывания кукурузы на зерно и зелёную массу, применяемая в Республике Беларусь, полностью пригодна и на загрязнённых радионуклидами землях. Поэтому в проводимых исследованиях для снижения удельной активности радионуклидов в продукции кукурузы больше внимания было уделено рассмотрению особенностей применения удобрений и подбору её гибридов, культивируемых на загрязнённых землях.

Известно, что кукуруза использует много питательных веществ. При урожайности 500–600 ц/га зеленой массы с 1 га она выносит в среднем из почвы (кг): азота – 160–200, фосфора – 60–75, калия – 200–250. Исходя из этого, чтобы получать высокий урожай кукурузы, необходимо возмещать вынос элементов минерального пита-

ния с органическими и минеральными удобрениями. Более того, внесение органических и минеральных удобрений является одной из эффективных контрмер, снижающих переход радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr из почвы в сельскохозяйственную продукцию (Подоляк А. Г., Жданович В. П., 2004).

На территории радиоактивного загрязнения влияние удобрений на урожайность зеленой массы и зерна кукурузы, накопление в них ^{137}Cs и ^{90}Sr исследовали в полевых опытах в КСУП «Дубовый Лог» Добрушского района Гомельской области (2005–2007 гг.) на экспериментальном участке с дерново-подзолистой супесчаной почвой, подстилаемой моренным суглинком с глубины до 1 м. Агрохимические показатели пахотного горизонта почвы характеризовались следующим образом: содержание гумуса – 1,55–2,10 %; величина обменной кислотности $\text{PH}_{\text{КСI}}$ – 5,3–6,3; гидролитическая кислотность по Каппену Нг – 1,5–1,7 с⁺моль/кг; подвижный P_2O_5 по Кирсанову – 138–265 мг/кг; подвижный K_2O по Кирсанову – 156–258 мг/кг; обменный CaO – 629–858 мг/кг; обменный MgO – 185–258. Плотность загрязнения почвы имела показатели: ^{137}Cs – 565–989 кБк/м² (15,3–26,7 Ки/км²); ^{90}Sr – 15,2–21,5 кБк/м² (0,41–0,58 Ки/км²).

При проведении работ было установлено, что сбалансированное применение минеральных удобрений в дозах $\text{N}_{120}\text{P}_{90}\text{K}_{210}$ в комплексе с 60 т/га навоза (навоз вносился 1 раз при монокультуре) позволило в среднем за 3 года вдвое повысить урожайность зеленой массы кукурузы с 274 до 585 ц/га, а урожайность зерна – с 19,0 до 70,3 ц/га, или в 3,7 раза (таблица 3.16).

Кукуруза весьма отзывчива на органические удобрения. Каждая тонна навоза обеспечивала прибавку урожайности зеленой массы от 122 до 244 кг или 12–30 кг зерна, в зависимости от варианта доз минеральных удобрений. На безнавозном фоне наибольшую прибавку урожайности зеленой массы (173 ц/га) получена в варианте $\text{N}_{120}\text{P}_{90}\text{K}_{210}$, при окупаемости 1 кг внесенных питательных веществ 41 кг зеленого корма. Азотное удобрение вносилось весной, в форме стандартного карбамида. В варианте №6 был использован медленнодействующий карбамид с добавкой гуматов, который оказался заметно более эффективным. Он повысил окупаемость 1 кг суммы NPK прибавкой урожайности зеленой массы и зерна, соответственно на 16 и 33 % на безнавозном фоне и на 13 и 22 % на фоне навоза, в сравнении с аналогичным вариантом №4, со стандартным карбамидом.

Фосфорное удобрение вносилось в форме аммофоса, калийное – в виде гранулированного хлористого калия. Повышение дозы калия с 90 до 210 кг K_2O на гектар посева было обоснованным, так как со-

проводилось прибавкой 58 кг зеленой массы на 1 кг K_2O на безнавозном фоне и 52 кг – на фоне навоза. Окупаемость 1 кг внесенного калия прибавкой урожайности зерна, наоборот, была больше на фоне навоза по сравнению с безнавозным фоном и составила соответственно 11,0 кг и 9,3 кг зерна. В целом, окупаемость оптимальных доз минеральных удобрений на фоне навоза повышалась на 23–34 %.

Таблица 3.16 – Влияние минеральных удобрений и навоза на урожайность зеленой массы и зерна кукурузы

Варианты удобрений	Без навоза			Навоз 60 т/га		
	Урожай, ц/га	Прибавка урожая		Прибавка урожая		
		± к контролю, ц/га	на 1 кг NPK, кг продукции	от навоза, ц/га	на 1 т навоза, кг продукции	на 1 кг NPK, кг продукции
Зеленая масса						
Контроль	274	–	–	81	136	–
N ₁₂₀	332	58	48	73	122	41
N ₁₂₀ P ₉₀ K ₉₀	377	103	34	147	244	56
N ₁₂₀ P ₉₀ K ₁₅₀	411	137	38	141	235	55
N ₁₂₀ P ₉₀ K ₂₁₀	447	173	41	138	229	55
N ₁₂₀ *P ₉₀ K ₁₅₀	434	160	44	144	240	62
HCP ₀₅		23,2		23,2		
Зерно						
Контроль	19,0	–	–	10,7	18	–
N ₁₂₀	30,8	11,8	9,8	6,9	12	6,7
N ₁₂₀ P ₉₀ K ₉₀	41,1	22,1	7,4	15,9	27	9,1
N ₁₂₀ P ₉₀ K ₁₅₀	45,1	26,1	7,3	13,2	22	7,9
N ₁₂₀ P ₉₀ K ₂₁₀	52,2	33,2	7,9	18,1	30	9,7
N ₁₂₀ *P ₉₀ K ₁₅₀	53,8	34,8	9,7	10,5	17	9,6
HCP ₀₅		1,63		1,63		

Примечание: *N в форме медленнодействующего карбамида, с добавкой гуматов

Одностороннее удобрение кукурузы азотом в дозе 120 кг/га оказалось малоэффективным с точки зрения повышения урожайности, и, более того, сопровождалось заметным повышением накопления радионуклидов в продукции (таблица 3.17).

Наименьший переход радионуклидов ¹³⁷Cs и ⁹⁰Sr из почвы в растения кукурузы наблюдался при внесении N₁₂₀P₉₀K₁₅₀ и N₁₂₀P₉₀K₂₁₀. Замена стандартного карбамида на медленнодействующую форму с добавкой гуматов в дозе N₁₂₀ приводила к существенному уменьшению перехода ⁹⁰Sr в зеленую массу

(на 18–52 %) и зерно (на 17–29 %). Следует отметить также снижение на 20–40 % перехода ^{90}Sr в зерно и зеленую массу кукурузы при внесении 60 т/га навоза.

При внесении $\text{N}_{120}\text{P}_{90}\text{K}_{210}$ переход ^{137}Cs снижался на 37–41 % в зеленой массе и на 12–36 % в зерне по сравнению с контрольным вариантом без удобрений. Снижение перехода ^{90}Sr в зеленую массу и зерно на этом же варианте удобрений составило, соответственно, 22–34 и 62–65 %. Повышение доз калия в количестве 90–210 кг/га сопровождалось снижением накопления радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr как в зеленой массе, так и в зерне.

Таблица 3.17 – Влияние удобрений на накопление ^{137}Cs и ^{90}Sr в продукции кукурузы (Бк/кг) и коэффициенты перехода радионуклидов (Кп, $10^{-3} \text{ м}^2 \text{ кг}^{-1}$)

Варианты удобрений	Активность продукции, Бк/кг							
	зеленой массы				зерна			
	^{137}Cs		^{90}Sr		^{137}Cs		^{90}Sr	
	Бк/кг	Кп	Бк/кг	Кп	Бк/кг	Кп	Бк/кг	Кп
Без навоза								
Контроль	21,4±1,9	0,041	33,1±6,2	3,11	10,4±3,6	0,018	5,5±2,2	0,34
N_{120}	38,4±2,3	0,056	39,8±7,5	3,74	11,3±4,3	0,019	4,9±1,7	0,36
$\text{N}_{120}\text{P}_{90}\text{K}_{90}$	29,6±2,8	0,039	36,4±7,1	3,35	15,3±3,1	0,020	2,9±1,3	0,18
$\text{N}_{120}\text{P}_{90}\text{K}_{150}$	24,2±2,3	0,032	33,4±6,3	3,09	11,2±3,0	0,016	2,3±1,0	0,14
$\text{N}_{120}\text{P}_{90}\text{K}_{210}$	19,3±1,9	0,026	26,3±6,9	2,43	11 ±3,7	0,016	2,0±0,9	0,12
$\text{N}_{120}^*\text{P}_{90}\text{K}_{150}$	13,3±1,3	0,025	16,0±5,3	1,48	10,2±3,5	0,014	1,6±0,7	0,10
Навоз, 60 т/га								
Контроль	31,4±2,4	0,046	57,3±8,3	2,27	11,0±3,7	0,022	4,12±1,3	0,26
N_{120}	32,0±2,6	0,044	44,9±7,8	2,18	12,1±4,3	0,023	4,91±1,9	0,35
$\text{N}_{120}\text{P}_{90}\text{K}_{90}$	23,0±1,7	0,032	29,6±5,3	1,78	11,6±2,6	0,018	3,11±1,5	0,21
$\text{N}_{120}\text{P}_{90}\text{K}_{150}$	19,4±1,9	0,031	27,7±6,0	1,58	11,1±2,9	0,014	1,92±0,9	0,12
$\text{N}_{120}\text{P}_{90}\text{K}_{210}$	21,1±1,8	0,027	26,2±5,8	1,49	10,9±3,8	0,014	1,55±0,8	0,10
$\text{N}_{120}^*\text{P}_{90}\text{K}_{150}$	20,2±2,0	0,025	22,8±5,5	1,30	11,8±3,4	0,015	1,83±0,8	0,10

Примечание: *N в форме медленнодействующего карбамида, с добавкой гуматов

Следовательно, применение под кукурузу сбалансированных доз минеральных удобрений на фоне 60 т/га навоза позволяет получить высокую урожайность зеленой массы и зерна кукурузы и одновременно, примерно вдвое снижать накопление ^{137}Cs и ^{90}Sr в продукции. Очевидна также необходимость использования на загрязненных радионуклидами землях медленнодействующей формы карбамида с добавкой гуматов, вместо стандартного карбамида, что позволит

на 20–30 % снизить поступление радионуклидов в продукцию кукурузы.

Кроме удобрений на переход ^{137}Cs и ^{90}Sr в зеленую массу и зерно кукурузы оказывают влияние сортовые различия. Известно, что сортовые особенности отдельных культур оказывают заметное влияние на степень накопления радионуклидов (Подоляк А. Г. и др., 2004; Маликов В. Г., 1981). Кукуруза в этом плане остается малоизученной культурой. В связи с интенсивной сортосменой в производство приходят новые гибриды кукурузы. В Беларуси в настоящее время районировано более 60 гибридов кукурузы белорусско-молдавской, венгерской, российской, югославской, французской и немецкой селекции. Много новых гибридов отечественной и зарубежной селекции находится в Государственном сортоиспытании. Продуктивность этих гибридов в южной части республики достигает 90–110 ц/га сухой массы. Многие из них, помимо силоса, выращиваются и на зерно (Шлапунов В. И. др., 2000).

В период 1995–1997 гг. были исследованы гибриды французской селекции на накопление в продукции ^{90}Sr в полевом опыте в экспериментальной базе «Стреличево» Хойникского района Гомельской области на дерново-подзолистой супесчаной почве (Богдевич И. М., Подоляк А. Г. и др., 2007). В нём установлено, что биологические особенности гибридов кукурузы сказались не только на продуктивности растений, но и на концентрации ^{90}Sr в зеленой массе. Вместе с тем не отмечено существенных различий в содержании ^{90}Sr в зерне кукурузы.

В последующие годы (2005–2007) изучение накопления радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr продукцией гибридов кукурузы разной интродукции проводилось в полевых опытах в КСУП «Дубовый Лог» Добрушского района Гомельской области. Агрохимические и радиологические характеристики опытного участка те же, что указаны выше при описании опыта с удобрениями. Сорты высевались в соответствии с требованиями отраслевого регламента по зерновой технологии на фоне минеральных удобрений в дозе $\text{N}_{120}\text{P}_{90}\text{K}_{150}$.

Было показано, что в среднем за годы исследований девять среднеспелых гибридов не сильно различались по урожайности зеленой массы (таблица 3.18). Наименьшей урожайностью характеризовался гибрид Евростар (285 ц/га), наибольшей – Росс 197 МВ (429 ц/га).

По показателям коэффициентов миграции ^{137}Cs из почвы в зеленую массу изучаемые гибриды различались практически в два раза. Наибольший коэффициент перехода ^{137}Cs ($K_{\text{п}} = 0,097$) был у малоурожайного гибрида Евростар, наименьший ($K_{\text{п}} = 0,048$) – у гибрида

белорусской селекции Полесский-195. Отмечалось большое варьирование коэффициентов перехода ^{137}Cs по годам наблюдений практически для всех изучаемых гибридов (средний CV = 56,5 %), что вдвое превышало варьирование коэффициентов перехода между гибридами по каждому году наблюдений (CV = 21,8–31,3).

Таблица 3.18 – Урожайность зеленой массы различных гибридов кукурузы и коэффициенты перехода ^{137}Cs для дерново-подзолистой супесчаной почвы

Гибриды	Средняя урожайность за 2005–2007 гг, ц/га	Средние за три года Кп, $10^{-3} \text{ м}^2 \text{ кг}^{-1}$	CV, %
Полесский-195	333	0,048±0,021	45,1
Ивелин	329	0,057±0,037	65,1
Росс 197 МВ	429	0,057±0,015	25,8
Полесский-212	329	0,058±0,037	62,9
Берег	340	0,065±0,023	36,3
Мускат	316	0,069±0,051	74,1
Белиз-контроль	373	0,074±0,053	72,2
Веритис	378	0,081±0,054	66,3
Евростар	285	0,097±0,059	61,0
среднее	346	0,067±0,039	56,5
CV, %	12,1		

Это говорит о низкой устойчивости ранжирования гибридов по накоплению ^{137}Cs в зеленой массе во времени. Поэтому на супесчаной почве с плотностью загрязнения ^{137}Cs 555 кБк/м² (15 Ки/км²) при возделывании гибрида Полесский реально спрогнозировать активность зеленой массы лишь в диапазоне 15–39 Бк/кг, гибрида Белиз в диапазоне 12–70 Бк/кг, а гибрида Евростар в диапазоне 21–87 Бк/кг. Вместе с тем уверенно можно говорить о том, что зеленая масса всех исследованных гибридов кукурузы подходит по содержанию радионуклидов для скармливания дойному стаду и производства цельного молока.

В отношении урожайности зерна показано, что она у исследуемых гибридов колебалась в диапазоне от 70,5 для гибрида Белиз (контроль) до 42,5 ц/га для гибрида Евростар (таблица 3.19).

Средний переход радионуклида ^{137}Cs в зерно кукурузы различался между гибридами в 2,5 раза, от Кп = 0,017 для гибрида Ивелин до Кп = 0,042 для гибрида Мускат. Гибриды отечественной селекции Полесский-212 и Полесский-195 также характеризовались минимальными коэффициентами перехода ^{137}Cs (0,021–0,022). Различия гибридов по переходу ^{137}Cs в зерно кукурузы не имеют принципиального практического значения в связи с невысокой концентрацией радио-

нуклида в конечной продукции. Зерно гибридов кукурузы отечественной селекции соответствует требованиям для зерна на продовольственные цели.

Таблица 3.19 – Урожайность зерна гибридов кукурузы и коэффициенты перехода ^{137}Cs из дерново-подзолистой супесчаной почвы за три года наблюдений

Гибриды	Средняя урожайность, ц/га	Кп, $10^{-3} \text{ м}^2 \text{ кг}^{-1}$				
		1-й год	2-й год	3-й год	среднее	CV,%
Полесский-195	47,8	0,012	0,017	0,037	0,022±0,011	50,0
Ивелин	59,9	0,005	0,017	0,028	0,017±0,009	55,6
Росс 197 МВ	46,1	0,018	0,035	0,048	0,034±0,012	35,8
Полесский-212	58,2	0,011	0,025	0,026	0,021 ±0,007	33,0
Берег	55,5	0,009	0,027	0,038	0,025±0,012	49,1
Мускат	57,5	0,016	0,023	0,086	0,042±0,031	74,6
Белиз-контроль	70,8	0,010	0,026	0,074	0,036±0,027	74,2
Веритис	58,4	0,018	0,025	0,069	0,037±0,022	59,5
Евростар	42,5	0,019	0,023	0,074	0,039±0,025	63,9
среднее	55,2	0,013	0,024	0,053	0,030±0,017	55,1
CV,%	15,5	37,4	22,7	42,2		

По накоплению ^{90}Sr в зеленой массе гибриды кукурузы различаются сравнительно меньше и только до 1,5 раза (таблица 3.20).

Таблица 3.20 – Коэффициенты миграции ^{90}Sr из дерново-подзолистой супесчаной почвы в зеленую массу различных гибридов кукурузы за три года наблюдений

Гибриды	Кп, $10^{-3} \text{ м}^2 \text{ кг}^{-1}$				
	1-й год	2-й год	3-й год	среднее	CV,%
Белиз-контроль	1,48	1,98	3,50	2,32±1,05	45,4
Веритис	2,50	2,60	2,55	2,55±0,05	2,0
Берег	2,65	3,08	2,25	2,66±0,41	15,5
Росс 197 МВ	2,74	3,18	2,94	2,95±0,22	7,6
Евростар	2,78	3,53	3,44	3,25±0,41	12,5
Мускат	3,34	4,37	2,20	3,31±1,08	32,8
Ивелин	2,82	3,96	3,39	3,39±0,57	16,8
Полесский-212	2,93	3,65	3,77	3,45±0,45	13,1
Полесский-195	2,90	4,27	3,48	3,55±0,69	19,3
среднее	2,69	3,40	3,06	3,05±0,35	11,5
CV,%	18,8	23,2	19,3		

Самые минимальные коэффициенты перехода ^{90}Sr из почвы в зеленую массу были установлены для белорусского гибрида Белиз.

Поэтому при возделывании данного гибрида на почве с плотностью загрязнения ^{90}Sr 37 кБк/м² следует ожидать активность зеленой массы в среднем 86 ± 39 Бк/кг, или в диапазоне от 47 до 125 Бк/кг. При возделывании гибрида Полесский-195 активность ^{90}Sr в зеленой массе может находиться в пределах от 87 до 139 Бк/кг.

Показатели коэффициентов перехода ^{90}Sr в зерно кукурузы также различаются в 1,5 раза между гибридом Белиз с минимальным накоплением радионуклида и гибридом Ивелин с максимальной концентрацией ^{90}Sr (таблица 3.21).

Таблица 3.21 – Показатели коэффициентов перехода ^{90}Sr из дерново-подзолистой супесчаной почвы в зерно различных гибридов кукурузы

Гибриды	Кп, $10^{-3} \text{ м}^2 \text{ кг}^{-1}$				
	1-й год	2-й год	3-й год	среднее	CV, %
Белиз-контроль	0,19	0,14	0,40	$0,24 \pm 0,14$	57,1
Веритис	0,31	0,38	0,24	$0,31 \pm 0,07$	22,2
Берег	0,36	0,41	0,23	$0,33 \pm 0,09$	27,9
Росс 197 МВ	0,33	0,33	0,40	$0,35 \pm 0,04$	10,8
Евростар	0,31	0,31	0,29	$0,30 \pm 0,01$	4,4
Мускат	0,32	0,34	0,13	$0,26 \pm 0,11$	43,2
Ивелин	0,33	0,35	0,41	$0,37 \pm 0,04$	11,0
Полесский-212	0,26	0,34	0,46	$0,36 \pm 0,10$	28,2
Полесский-195	0,29	0,30	0,36	$0,31 \pm 0,04$	11,3
среднее	0,30	0,32	0,32	$0,32 \pm 0,01$	24,0
CV%	16,5	23,8	33,2		

Несовпадение характеристик гибридов по минимуму и максимуму накопления ^{90}Sr и ^{137}Cs , а также большая вариабельность миграции радионуклидов в продукцию в различные годы затрудняет практическое ранжирование гибридов кукурузы по пригодности для возделывания на радиоактивно загрязненных землях.

Результаты проведенных исследований позволили сделать следующее заключение.

1. Для прогноза накопления радионуклидов в зерне и зеленой массе кукурузы на дерново-подзолистых супесчаных почвах в отдаленный период после аварии целесообразно использовать Кп ^{137}Cs , дифференцированные по содержанию подвижного K_2O в почве и Кп ^{90}Sr , дифференцированные по степени кислотности почв $\text{pH}_{\text{КСІ}}$.

2. Ограничений по плотности загрязнения супесчаных почв ^{137}Cs при возделывании зерна кукурузы на корм скоту не имеется. При среднем и высоком содержании подвижного калия в дерново-

подзолистой супесчаной почве возделывание продовольственного зерна кукурузы не ограничивается высокой плотностью загрязнения ^{137}Cs .

3. Кукуруза отличается на порядок более высоким накоплением ^{90}Sr , чем Cs в продукции. Имеются жесткие ограничения в подборе пригодных участков под кукурузу в зависимости от плотности загрязнения ^{90}Sr и степени кислотности почв для производства зеленой массы на корм дойному стаду и для зерна на переработку на пищевые цели. При нейтрализации кислотности супесчаной почвы от pH 4,5 до 7,0 переход ^{90}Sr в зеленую массу кукурузы снижается втрое, а в зерно – в четыре раза. Коэффициенты перехода ^{137}Cs в продукцию кукурузы существенно снижаются (до 3 раз) по мере повышения содержания подвижного калия в дерново-подзолистых супесчаных почвах в диапазоне от 100 до 300 мг K_2O на кг почвы и до 2 раз по мере нейтрализации сильно-кислой реакции почвы.

4. По мере улучшения агрохимических свойств почв урожайность зеленой массы и зерна кукурузы может повышаться до 4 раз. Для гарантированного получения свыше 500 ц зеленой массы или 60 ц зерна с гектара кукурузу следует размещать на хорошо окультуренных дерново-подзолистых связно- и рыхлосупесчаных почвах, подстилаемых моренными суглинками, с повышенным содержанием гумуса (>2 %), подвижных форм P_2O_5 и K_2O (200–400 мг/кг), близкой к нейтральной реакцией (pH_{KCl} 5,6–7,0).

5. При выращивании культур ведущая роль отводится системе применения удобрений, обеспечивающей формирование высокой урожайности кукурузы, улучшение качества продукции и воспроизводство плодородия почв. Рекомендуется применение минеральных удобрений под кукурузу в дозах N_{120} (медленнодействующая форма с добавкой гуматов) $\text{P}_{90}\text{K}_{150-210}$ на фоне 60 т/га навоза. Удобрения обеспечивают повышение урожайности зеленой массы в 2 раза, зерна – до 3,7 раз, а также позволяют, одновременно, примерно вдвое снизить накопление ^{137}Cs и ^{90}Sr в продукции.

6. Затраты на органические и минеральные удобрения хорошо окупаются прибавкой урожайности кукурузы с рентабельностью 50–70 % при возделывании на зеленую массу и 127–200 % при возделывании на зерно.

7. Для возделывания на зеленую массу и зерно на загрязненных землях пригодны все районированные раннеспелые и среднеспелые гибриды кукурузы. Предпочтение следует отдавать наиболее высокоурожайным гибридам.

ГЛАВА 4

ПРОИЗВОДСТВО БОБОВЫХ И ЗЕРНОБОБОВЫХ КУЛЬТУР

4.1. Особенности культур и технологий их производства

В настоящее время все большую актуальность приобретает применение систем экологического земледелия. В данных системах сельскохозяйственное производство представляет собой механизм, в котором все компоненты (минералы почвы, органическое вещество, микроорганизмы, насекомые, растения, животные и человек), согласовано взаимодействуя, обеспечивают производство не только экономически выгодной продукции, но и повышение ее потребительских свойств, минимизируя негативное воздействие на окружающую среду.

Бобовые культуры, в силу своей уникальной способности фиксировать атмосферный азот и переводить его в доступные для растений соединения, являются важным фактором экологизации земледелия. Обогащая почву биологически связанным азотом, они обеспечивают возможность снижать применение минеральных азотных удобрений, способствуя, таким образом, уменьшению загрязнения окружающей среды подвижными формами соединений минерального азота. Являясь хорошим предшественником, бобовые растения обеспечивают азотом и последующие культуры севооборота, повышая их урожайность без дополнительных затрат.

Увеличение доли бобовых культур в структуре посевных площадей также способствует решению проблемы кормового белка. В частности, в Республике Беларусь дефицит растительного белка в рационах животных составляет около 20 %, а в отдельных районах и более. По этой причине перерасходуется около 2,5 млн. тонн кормовых единиц, что эквивалентно недополучению 110 тыс. тонн говядины или более 1 млн. тонн молока (Гриб С. И., 2007).

Из-за недостатка белка в 1 кормовой единице (в среднем по республике 82 г при минимальном нормативном уровне 105 г) перерасход кормов при производстве животноводческой продукции составляет 35 % (Кукреш Л. В., Купцов И. С., 2007), а ее себестоимость возрастает на 30–50 % (Гриб С. И., 2007).

В условиях радиоактивного загрязнения территории увеличение посевов бобовых и зернобобовых культур, в силу их особенности накапливать радионуклиды в больших количествах по сравнению с другими культурами, может приводить к производству кормов с содержанием радионуклидов, превышающим установленные нормативы.

В связи с этим целесообразно, наравне с одновидовыми посевами, включать в структуру посевных площадей бобово-злаковые смеси. Продукция этих агрофитоценозов, благодаря злаковому компоненту, содержит меньше радионуклидов по сравнению с одновидовыми посевами бобовых культур и сбалансирована по протеино-углеводному комплексу. Достоинством бобово-злаковых смесей является пониженная потребность в минеральном азоте, в применении химических средств защиты растений за счет биологического разнообразия агроценозов при сохранении продуктивности (Такунов И. П., 1998).

Для загрязненных радионуклидами сельскохозяйственных земель важным фактором является определение условий, при которых обеспечивается производство кормов, удовлетворяющих установленным требованиям по их содержанию.

Анализ динамики структуры посевных площадей показал, что в сельскохозяйственных организациях, расположенных на территориях радиоактивного загрязнения, доля зернобобовых культур в группе зерновых и зернобобовых в послеаварийный период существенно снизилась. Уменьшение посевных площадей под бобовыми культурами обусловлено высокими параметрами перехода радионуклидов в растениеводческую продукцию (до 10 раз больше, чем в злаковые). Это деформировало структуру севооборотов, лишило культуры благоприятных предшественников и снизило производительность земель (Богдевич И. М. и др., 2000). В результате в аграрном секторе загрязненных районов остро встала проблема белка, который играет первостепенную роль в производстве животноводческой продукции (Путятин Ю. В., Серая Т. М., 2003).

Например, в 1985 г. (до аварии на Чернобыльской АЭС) в Гомельской области площадь, занимаемая зернобобовыми культурами, составляла 40,4 тыс. га (рисунок 4.1). К 1993 г. она снизилась более, чем в 3 раза (11,9 тыс. га). В 2007 г. под этими культурами было занято всего 19,7 тыс. га. (Буйневич В. М. и др., 2008). Следует отметить, что и в последующие годы ситуация коренным образом к лучшему не изменилась и доля зернобобовых культур в структуре зернового клина составляет около 5 %.

По сравнению с доаварийным периодом количество площадей, занятых под горохом, уменьшилось в 8 раз. Сокращение посевов люпина происходило более плавно. Площади, занятые люпином, уменьшились в 3 раза. Посевы клевера в настоящее время более чем в 1,5 раза меньше, в сравнении с доаварийным периодом.

Снижение доли бобовых культур в структуре посевных площадей потребовало увеличения применения минеральных азотных удобрений для повышения продуктивности растений, что экономически не совсем оправдано. Вместе с тем бобовые культуры всегда считались важным фактором повышения эффективности растениеводства, и роль бобовых культур в сельскохозяйственном производстве огромна.

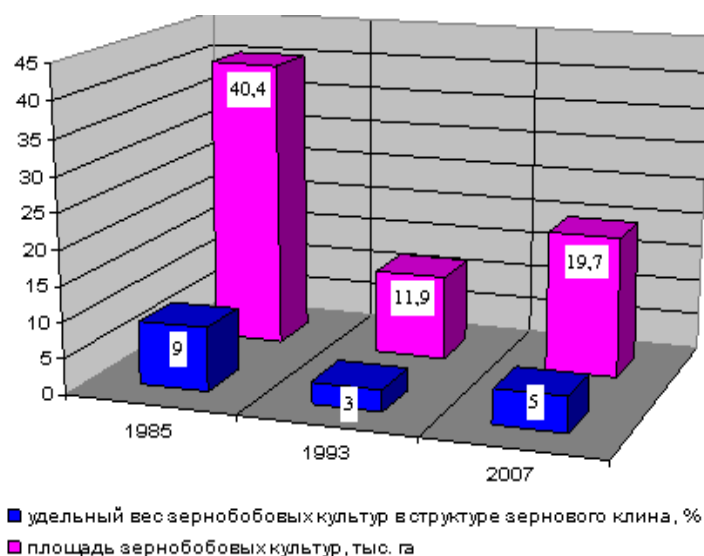


Рисунок 4.1—Динамика посевных площадей зернобобовых культур в Гомельской области

Одной из основных зерновых бобовых культур в Беларуси является *горох*. В кормопроизводстве его ценность определяется способностью обеспечивать высокую урожайность зеленой массы и зерна, богатого протеином. В 1 кг зерна этой культуры содержится 1,17 корм. ед., а в 1 кг зеленой массы – 0,13–0,18 корм. ед. (Шлапунов В. Н., 2003). В семенах гороха содержится 22–34 % белка, 22–28 % крахмала, 4–10 % сахара (Андреев Н. Г., 1984).

В расчете на 1 корм. ед. горох содержит более 150 г переваримого протеина, в то время как кукуруза, ячмень, овес – соответственно 59, 70 и 83 г (Фирсов И. П., 2004). Высокая кормовая ценность белка гороха обусловлена отсутствием танина и алкалоидов, низким содержанием ингибиторов трипсина и хемотрипсина (Лукашевич Н. П. и др., 1998).

Введение гороха в рацион животных позволяет значительно сократить расход кормов, увеличить выход животноводческой продукции и снизить ее себестоимость. Добавление в рацион лактирующих коров зерна гороха повышает их молочную продуктивность на 18–20 % при том же расходе кормов на единицу продукции. Скармливание живот-

ным гороховой дерти в смеси с другими кормами дает значительные привесы и улучшает качество мяса и сала. При правильной технологии приготовления белок зерна гороха по кормовым качествам равноценен белкам животного происхождения (Лукашевич Н. П., 2005).

Наиболее доступным и малозатратным резервом решения проблемы кормового белка является расширение посевов *люпина* – культуры, обладающей значительным биологическим и экономическим потенциалом. Себестоимость тонны переваримого протеина в зерне люпина составляет 156 условных единиц, травостое культурных пастбищ – 200, зерне ячменя – 220, зерне гороха – 260, сене бобовых трав – 300, люцерновой муке – 360, в сене – 510 (Тарануха Г. И., 2001).

Семена и зеленая масса люпина по содержанию белка значительно превосходят такие зернобобовые культуры, как горох, вика и кормовые бобы, а современные сорта по количеству белка и его аминокислотному составу не уступают сое. В состав белка данной культуры входят незаменимые аминокислоты: глутаминовая и аспарагиновая (23–25 %), гистидин (2,0–2,5 %), лизин (2,5–3,0 %) триптофан (1,9 %), тирозин (3,0–3,5 %) и цистин (1,6–2,0 %) (Пироговская Г. В., 1999).

Белок люпина отличается высокой переваримостью (коэффициент переваримости сырого протеина при скармливании люпина свиньям и лошадям достигает 95 %) и из-за низкого содержания ингибиторов трипсина может использоваться на корм любым животным без предварительной термообработки, что обязательно при использовании зерна сои (Тарануха Г. И., 2001).

Отличаясь исключительно высокой азотфиксирующей способностью, люпин является значимым потенциальным фактором энергосбережения и биологизации земледелия. В отличие от других зернобобовых культур, люпин даже на бедных землях образует много зеленой массы, запахка которой значительно повышает плодородие почвы, поэтому его рекомендуется высевать на песчаных почвах с целью их окультуривания. Хорошо разветвленная глубоко проникающая (до 2 м) корневая система люпина обеспечивает рыхление подпахотного горизонта и пахотного слоя, а также действует как экологический мелиорант, улучшающий поступление в пахотный слой влаги, что позволяет люпину переносить кратковременную воздушную и почвенную засуху (Борисов У. Ф., 1990).

Корни люпина с помощью специальных выделений способны растворять трудно растворимые фосфорные соединения, недоступные для других культур, и накапливать в почве усвояемые соединения фосфора. Корневая система люпина действует подобно насосу, усваивает из подпочвенных горизонтов промытые туда ранее и недоступные для других

растений макро- и микроэлементы, накапливает их в биомассе и вновь возвращает в пахотный горизонт при заашке зеленой массы или пожнивных остатков.

Помимо восполнения органического вещества и поддержания баланса гумуса, пополнения азотного фонда почвы за счет биологического азота, использование люпина помогает снять и экологическую напряженность. Возделывание его способствует самоочищению и детоксикации природных экосистем. При выращивании этой культуры повышается микробиологическая активность почвы, ее антифитопатогенный потенциал, структура, водный и пищевой режимы (Такунов И. П., 1995).

Существенным резервом повышения эффективности кормопроизводства для молочного и мясного скотоводства являются качественные корма, приготовленные на основе *клевера*. Гектар клевера при более низких энергозатратах дает выход кормовых единиц на 39 %, а переваримого протеина на 75 % больше, чем гектар многолетних злаковых трав, и обеспечивает 127 г переваримого протеина на одну кормовую единицу. Клевер при оптимальных условиях выращивания обеспечивает себя азотом на 2/3 за счет атмосферы и только 1/3 азота использует из почвы (Вильдфлуш И. Р. и др., 1995).

Клевер луговой характеризуется высокой урожайностью и хорошей отавностью. Самый высокий урожай клевера получают в первый год пользования, на второй год жизни. Лучшие сорта клевера лугового белорусской селекции позволяют получать при оптимальных условиях возделывания 500–800 ц/га зеленой массы, 80–120 ц/га сухого вещества, 2,5–5,0 ц/га семян (Старовойтов А. М., 2004).

Возврат к возделыванию клевера на загрязненных радионуклидами территориях позволяет восстанавливать утраченное плодородие почв и увеличивать сбор полноценных кормов.

Следующей культурой, представляющей большой практический интерес в оптимизации кормопроизводства, является *галега восточная*. За вегетационный период галега формирует 550–700 ц/га и более зеленой массы общей питательностью 100–150 ц к. ед. и 12–20 ц переваримого протеина (Вавилов П. П., 1982).

Зеленая масса галеги используется на подкормку, является хорошим сырьем для приготовления силоса, сенажа, сена, травяной муки, белково-витаминного концентрата для всех видов сельскохозяйственных животных и домашней птицы. По содержанию белка, углеводов, минеральных элементов, витаминов и каротина, аминокислот галега не уступает клеверу и люцерне.

Максимальное накопление питательных веществ отмечено в начале фазы бутонизации. В этот период в сухом веществе зеленой массы со-

держится 23–27 % сырого протеина, 10 % золы, 2,4–2,6 % сырого жира, 0,40–0,47 % фосфора, 3,4–4,1 % калия, 7–1 % сахаров, 19,0–20,5 % аминокислот, 183–200 мг каротина в кг сухого вещества, 30–39 мг аскорбиновой кислоты в кг сырого вещества.

Травяная мука из галеги восточной по энергетической и протеиновой питательности приближается к концентратам, а по биологической ценности превосходит их. Включение ее в рацион дойных коров позволяет повышать их продуктивность: удой молока увеличивается на 13 %, а жирность его – на 0,2–0,23 % (Андреев Н. Г., 1984).

Благодаря интенсивному раннему отрастанию и хорошей отавности, длительному периоду вегетации и высокой питательной ценности, галега может широко использоваться в системе зеленого конвейера, что позволяет организовать весной заготовку высококачественного зеленого корма на 2–3 недели раньше, чем из традиционных многолетних бобовых трав. С галеги можно начинать зеленый конвейер и ею завершать его. Уже к середине мая галега восточная отрастает на высоту 40–50 см (клевер луговой – 15–17 см) и вегетирует до середины октября при сохранении питательной ценности корма. Посевами галеги восточной можно успешно пользоваться до 10 и более лет без существенного снижения урожайности зеленой массы и семян.

В надземной части растения содержится алкалоид галегин, придающий зеленому корму горьковатый вкус и разлагающийся при скашивании травостоя, поэтому для кормления животных рекомендуется проявленная трава, которая охотно поедается.

Еще одной перспективной многолетней бобовой культурой является *лядвенец рогатый*. За период вегетации лядвенец рогатый дает два-три укоса и почти не изреживается в течение 5–6 лет. Средняя урожайность культуры за два укоса составляет 390–450 ц/га зеленой массы. По химическому составу и питательности лядвенец относится к лучшим кормовым травам. Содержание протеина в нем колеблется от 16 до 22 %, жира – от 1,5 до 3,9 %, клетчатки – 20–26 %, безазотистых экстрактивных веществ – 7–46 % на абсолютно сухое вещество. Солома после уборки на семена также отличается высокими кормовыми качествами.

Наряду с одновидовыми посевами бобовых и зернобобовых культур целесообразно возделывать бобово-злаковые смеси. Смешанные агрофитоценозы обладают рядом достоинств. Благодаря злаковому компоненту продукция этих агрофитоценозов содержит меньше радионуклидов по сравнению с одновидовыми посевами бобовых культур. Продуктивность бинарных смесей обычно находится на уровне наиболее урожайного компонента, возделываемого в чистом виде. Это объяс-

няется тем, что в смешанных ценозах создаются лучшие условия для произрастания культур.

Благодаря несовпадению максимума потребления влаги и питательных веществ, различному распределению корневых систем и фотосинтетического аппарата в ярусах, зерновые и зернобобовые культуры, входящие в состав смесей, более полно используют агроклиматические ресурсы и почвенное плодородие. По содержанию белка в сухом веществе продукция таких смесей превосходит чистые посевы. При этом обеспеченность кормовой единицы переваримым протеином близка к нормативной. Продукция смешанных посевов сбалансирована по протеино-углеводному комплексу, что позволяет получать полноценные корма уже в поле.

Одним из достоинств бобово-злаковых смесей является снижение потребностей в минеральном азоте за счет биологической фиксации элемента бобовым компонентом. Благодаря биологическому разнообразию агроценоза снижается потребность в применении пестицидов. В свою очередь, уменьшение применения химически синтезированных средств интенсификации приводит к снижению энергетических затрат на производство единицы продукции и уменьшению ее себестоимости.

Особого внимания заслуживают люпино-злаковые посевы. Являясь высокоэффективным азотфиксатором и будучи в основном индифферентным к почвенному плодородию, люпин выступает в роли основной культуры в энергосберегающей системе земледелия, так как не только сохраняет и повышает почвенное плодородие, но и способен давать дешевый высококачественный белок без применения азотных удобрений даже на низкоплодородных почвах, характеризующихся повышенной кислотностью.

Люпин в совместных посевах со злаковыми культурами улучшает условия их азотного питания, повышая урожайность зерносмеси, содержание белка в зерне злаковой культуры и его сбор с единицы площади. Это объясняется тем, что люпин на 70–75 % удовлетворяет свои потребности в азоте за счет симбиотической фиксации, в результате чего проявляется эффект «экономии почвенного азота», что позволяет злаковой культуре потреблять больше азота на формирование урожая. Злаковая культура также оказывает положительное влияние на урожай зерна люпина за счет биологического пасынкования моноподиального ветвления. Наступает ускорение созревания семян, снижается степень пораженности болезнями, уменьшается разнокачественность и увеличивается масса 1000 семян (Такунов И. П., 1998).

Зерносмесь люпина и злаковых культур является сбалансированным кормом не только по обеспеченности белком в целом, но и по его

биологической полноценности, так как устраняет дефицит лизина злаков за счет высокого содержания его в люпине и снимает недостаточность метионина у культуры за счет более высокой его концентрации у злаков (Купцов Н. С., Такунов И. П., 2006).

При возделывании лядвенца рогатого и галеги восточной в составе бобово-злаковых травосмесей использование биологического азота оказывается наиболее эффективным. В смешанных посевах со злаковыми травами галега восточная обладает высокой конкурентной способностью, поэтому доля ее в травосмесях в течение первых трех лет пользования достигает 60–70 % и отличается незначительными колебаниями в разные годы. Лядвенец менее конкурентоспособен, поэтому в его посевах сравнительно свободно могут расти другие травы. Максимальное содержание лядвенца в травосмесях со злаковыми травами, наблюдается в первый год пользования, постепенно оно снижается до 20–30 % к третьему году.

Подбор компонентов для смешанных посевов целесообразно проводить с учетом их биологических особенностей и технологий выращивания.

Преимущества травосмесей перед одновидовыми посевами выражаются в следующем:

- в лучшем соотношении переваримых белковых и небелковых веществ в корме;
- в лучшей поедаемости животными;
- в более высоком продуктивном долголетии и более равномерном поступлении зеленой массы;
- урожайность на 30–40 % выше по сравнению с одновидовыми посевами;
- в более полном использовании влаги и питательных веществ почвы;
- в более высоком коэффициенте использования фотосинтетической солнечной радиации;
- в меньшем накоплении радионуклидов в сравнении с одновидовыми посевами бобовых трав.

Переход радионуклидов в звене миграции почва – бобовые, зернобобовые культуры во многом зависит от агрохимических параметров почвы. Наиболее существенное влияние на поступление ^{137}Cs и ^{90}Sr в растения из дерново-подзолистых почв оказывает содержание обменных катионов кальция, магния, подвижного калия и содержание гумуса, которые, в свою очередь, определяют емкость катионного обмена, реакцию почвенной среды.

В результате проведенных исследований на территории радиоактивного загрязнения установлены коэффициенты перехода ^{137}Cs и ^{90}Sr продукцию зернобобовых и бобовых культур при различной обеспеченности дерново-подзолистых почв подвижным калием и величине обменной кислотности (таблицы 4.1, 4.2) (Богдевич И. М. и др., 2005).

Таблица 4.1 – Коэффициенты перехода ^{137}Cs в зерно и зеленую массу основных зернобобовых культур в зависимости от обеспеченности дерново-подзолистых почв подвижным калием, Бк/кг:КБк/м²

Культура	Содержание K_2O , мг/кг почвы				
	<80	81–140	141–200	201–300	>300
Суглинистые					
Зерно					
Горох	0,39	0,36	0,29	0,22	0,11
Пелюшка	0,41	0,38	0,30	0,23	0,12
Люпин узколистный	0,43	0,40	0,32	0,28	0,26
Люпин желтый	0,46	0,43	0,35	0,30	0,27
Люпин белый	0,50	0,46	0,38	0,32	0,28
Зеленая масса					
Горох	–	0,09	0,08	0,06	0,05
Пелюшка	–	0,11	0,10	0,08	0,06
Люпин узколистный	–	0,15	0,13	0,11	0,10
Люпин желтый	–	0,18	0,15	0,13	0,11
Люпин белый	–	0,20	0,17	0,15	0,12
Супесчаные					
Зерно					
Горох	0,55	0,51	0,41	0,31	0,16
Пелюшка	0,57	0,53	0,42	0,32	0,17
Люпин узколистный	0,61	0,57	0,45	0,40	0,37
Люпин желтый	0,65	0,60	0,50	0,45	0,40
Люпин белый	0,68	0,63	0,55	0,45	0,40
Зеленая масса					
Горох	–	0,13	0,10	0,08	0,05
Пелюшка	–	0,15	0,12	0,10	0,08
Люпин узколистный	–	0,17	0,14	0,13	0,11
Люпин желтый	–	0,20	0,16	0,15	0,12
Люпин белый	–	0,23	0,20	0,17	0,13
Песчаные					
Зерно					
Горох	0,72	0,66	0,53	0,40	0,21
Пелюшка	0,75	0,70	0,56	0,43	0,23
Люпин узколистный	0,79	0,74	0,59	0,52	0,48
Люпин желтый	0,83	0,77	0,62	0,55	0,50
Люпин белый	0,85	0,80	0,65	0,60	0,53

Продолжение таблицы 4.1

Зеленая масса					
Горох	–	0,17	0,16	0,12	0,12
Пелюшка	–	0,20	0,18	0,15	0,15
Люпин узколистный	–	0,29	0,25	0,20	0,18
Люпин желтый	–	0,31	0,27	0,22	0,20
Люпин белый	–	0,33	0,30	0,25	0,22

Примечание: Кп представлены для зерна влажностью 14 %, зеленой массы, влажностью 82 %

Параметры перехода как для ^{137}Cs , так и ^{90}Sr получены для суглинистых, супесчаных и песчаных почв загрязненной территории Республики Беларусь.

Таблица 4.2 – Коэффициенты перехода ^{90}Sr в зерно и зеленую массу основных зернобобовых культур в зависимости от величины обменной кислотности $\text{pH}_{(\text{KCL})}$ дерново-подзолистых почв, Бк/кг:кБк/м²

Культура	Величина обменной кислотности почв $\text{pH}_{(\text{KCL})}$					
	<4,5	4,6–5,0	5,1–5,5	5,6–6,0	6,1–7,0	>7,0
Суглинистые						
Зерно						
Горох	–	2,3	1,5	1,4	1,4	1,3
Пелюшка	–	2,4	1,6	1,5	1,4	1,4
Люпин узколистный	–	3,9	3,0	2,7	2,5	2,5
Люпин желтый	–	4,0	3,1	2,8	2,5	2,5
Люпин белый	–	4,1	3,2	2,8	2,6	2,5
Зеленая масса						
Горох	–	5,2	4,4	3,5	2,3	1,5
Пелюшка	–	5,3	4,5	3,6	2,4	1,5
Люпин узколистный	–	5,6	4,7	3,7	2,7	1,6
Люпин желтый	–	6,1	4,9	3,8	2,8	1,6
Люпин белый	–	6,2	4,9	3,8	2,8	1,6
Супесчаные						
Зерно						
Горох	–	3,3	2,2	2,1	1,9	1,9
Пелюшка	–	3,4	2,3	2,1	2,0	1,9
Люпин узколистный	–	5,6	4,4	3,8	3,6	3,5
Люпин желтый	–	5,7	4,4	3,9	3,6	3,6
Люпин белый	–	5,8	4,5	3,9	3,7	3,6
Зеленая масса						
Горох	–	7,4	6,3	5,1	3,3	2,2
Пелюшка	–	7,5	6,4	5,1	3,4	2,2
Люпин узколистный	–	8,0	6,8	5,2	3,8	2,2
Люпин желтый	–	8,5	6,9	5,3	3,9	2,3
Люпин белый	–	8,6	6,9	5,4	3,9	2,3

Продолжение таблицы 4.2

Песчаные						
Зерно						
Горох	–	4,3	2,9	2,7	2,5	2,5
Пелюшка	–	4,4	2,9	2,7	2,6	2,5
Люпин узколистный	–	7,3	5,6	5,0	4,7	4,6
Люпин желтый	–	7,8	5,7	5,1	4,7	4,6
Люпин белый	–	7,9	5,8	5,1	4,8	4,7
Зеленая масса						
Горох	–	9,6	8,2	6,6	4,3	2,8
Пелюшка	–	9,8	8,3	6,6	4,4	2,8
Люпин узколистный	–	10,4	8,8	6,8	5,0	2,9
Люпин желтый	–	11,0	8,9	6,9	5,1	2,9
Люпин белый	–	11,1	9,0	7,0	5,2	3,0

Примечание: Кп представлены для зерна влажностью 14 %, зеленой массы – влажностью 82 %.

Одной из наиболее распространенных в Беларуси кормовых культур является клевер, имеющий большое не только кормовое, но и экологическое значение. Изучению параметров миграции радионуклидов в разные виды этой культуры было уделено особое внимание. Параметры миграции радионуклидов из почвы в кормовые средства из клевера представлены в таблицах 4.3 и 4.4 (Богдевич И. М. и др., 2005).

Таблица 4.3 – Коэффициенты пропорциональности ^{137}Cs для кормов из клевера в зависимости от обеспеченности подвижным калием дерново-подзолистых почв, Бк/кг:кБк/м²

Гранулометрический состав	Содержание K ₂ O, мг/кг почвы				
	<80	81–140	141–200	201–300	>300
<i>Клевер луговой (Trifolium pratense L.)</i>					
Сено					
Супесь	0,95	0,70	0,51	0,41	0,37
Суглинок	0,62	0,49	0,36	0,29	0,26
Сенаж					
Супесь	0,48	0,38	0,27	0,22	0,20
Суглинок	0,34	0,27	0,19	0,15	0,14
Силос					
Супесь	0,31	0,21	0,15	0,12	0,11
Суглинок	0,18	0,15	0,11	0,08	0,08
Зеленая масса					
Супесь	0,21	0,15	0,11	0,09	0,08
Суглинок	0,13	0,11	0,08	0,06	0,06

Продолжение таблицы 4.3

<i>Клевер гибридный (Trifolium hybridum L.)</i>					
Сено					
Супесь	0,98	0,72	0,53	0,43	0,38
Суглинок	0,65	0,52	0,38	0,30	0,27
Сенаж					
Супесь	0,50	0,40	0,29	0,23	0,21
Суглинок	0,35	0,28	0,20	0,16	0,15
Силос					
Супесь	0,33	0,23	0,17	0,13	0,12
Суглинок	0,20	0,17	0,13	0,09	0,09
Зеленая масса					
Супесь	0,23	0,17	0,13	0,10	0,09
Суглинок	0,15	0,13	0,10	0,08	0,07
<i>Клевер ползучий (Trifolium repens L.)</i>					
Сено					
Супесь	1,01	0,75	0,55	0,45	0,40
Суглинок	0,67	0,53	0,39	0,31	0,28
Сенаж					
Супесь	0,52	0,42	0,31	0,25	0,22
Суглинок	0,37	0,29	0,21	0,17	0,16
Силос					
Супесь	0,35	0,25	0,19	0,15	0,14
Суглинок	0,20	0,18	0,14	0,10	0,10
Зеленая масса					
Супесь	0,25	0,19	0,15	0,12	0,11
Суглинок	0,16	0,14	0,11	0,09	0,08

Примечание: КП представлены для сена влажностью 16 %, сенажа–55 %, силоса–75 %, зеленой массы–82 %

Исследовались показатели накопления радионуклидов из почвы в такие виды кормов из клевера как сено, сенаж, силос и зеленую массу.

Таблица 4.4 – Коэффициенты пропорциональности ^{90}Sr для кормов из клевера в зависимости от величины обменной кислотности дерново-подзолистых почв, Бк/кг:кБк/м²

Гранулометрический состав	Обменная кислотность, рН _{КС1}					
	<4,5	4,6–5,0	5,1–5,5	5,6–6,0	6,1–7,0	>7,0
<i>Клевер луговой (Trifolium pratense L.)</i>						
Сено						
Супесь	–	–	32,5	26,1	20,4	15,8
Суглинок	–	–	29,2	20,7	15,4	13,4
Сенаж						
Супесь	–	–	17,4	14,0	10,9	8,5

Продолжение таблицы 4.4

Суглинок	–	–	15,6	11,1	8,3	7,2
Силос						
Супесь	–	–	9,7	7,8	6,1	4,7
Суглинок	–	–	8,7	6,1	4,6	4,0
Зеленая масса						
Супесь	–	–	7,0	6,0	4,4	3,4
Суглинок	–	–	6,3	4,4	3,3	2,9
<i>Клевер гибридный (Trifolium hybridum L.)</i>						
Сено						
Супесь	–	–	33,1	26,7	21,0	16,5
Суглинок	–	–	29,8	21,3	16,0	14,0
Сенаж						
Супесь	–	–	17,7	14,3	11,2	8,8
Суглинок	–	–	15,9	11,4	8,6	7,5
Силос						
Супесь	–	–	10,0	8,1	6,4	5,0
Суглинок	–	–	9,0	6,5	4,9	4,3
Зеленая масса						
Супесь	–	–	7,3	5,9	4,7	3,7
Суглинок	–	–	6,6	4,7	3,6	3,2
<i>Клевер ползучий (Trifolium repens L.)</i>						
Сено						
Супесь	–	–	33,5	27,1	21,4	16,9
Суглинок	–	–	30,2	21,7	16,4	14,4
Сенаж						
Супесь	–	–	18,0	14,6	11,5	9,1
Суглинок	–	–	16,2	11,7	8,9	7,8
Силос						
Супесь	–	–	10,3	8,4	6,7	5,3
Суглинок	–	–	9,3	6,7	5,2	4,6
Зеленая масса						
Супесь	–	–	7,6	6,2	5,0	4,0
Суглинок	–	–	6,9	5,0	3,9	3,5

Примечание: Кп представлены для сена влажностью 16 %, сенажа – 55 %, силоса – 75 %, зеленой массы – 82 %.

Средние значения КП ^{137}Cs и ^{90}Sr для галеги восточной и лядвенца рогатого по грациям рН_{KCl} представлены для полноценного травостоя первого укоса (первый–третий год пользования) (таблицы 4.5 и 4.6) (Ласько Т. В. и др., 2008). Во время исследований изучалось поступление радионуклидов из почвы в зеленую массу и сено данных культур.

Было также показано, что различные сорта одной культуры не одинаково накапливают радионуклиды. Например, сортовые различия по накоплению ^{137}Cs зеленой массой желтого кормового люпина достигают

50 %, узколистного – 60 %, по накоплению ^{90}Sr – 90 и 140 %, соответственно. Для зерна желтого люпина различия по ^{137}Cs составляют 120 %, для узколистного – 150 %, по ^{90}Sr – 116 и 46 % соответственно (Агеев В. Ю. и др., 2005).

Таблица 4.5 – Коэффициенты перехода ^{137}Cs для галеги восточной и лядвенца рогатого в зависимости от обеспеченности дерново-подзолистых супесчаных почв подвижным калием, Бк/кг:кБк/м²

Культура	Содержание K_2O , мг/кг почвы		
	81–140	141–200	201–300
Сено			
Лядвенец рогатый	0,73	0,53	0,40
Галега восточная	0,24	0,18	0,15
Зеленая масса			
Лядвенец рогатый	0,16	0,12	0,08
Галега восточная	0,05	0,04	0,03

Примечание: КП представлены для сена влажностью 16 %, зеленой массы – 82 %.

Наименьшие параметры перехода ^{137}Cs из почвы в зеленую массу были характерны для сортов желтого кормового люпина Адраджэнне и Жемчуг, наибольшие – для сортов БСХА, Сморгонский и Белокрыз. У сорта люпина Ранний отмечен минимальный Кп ^{137}Cs для зерна.

Таблица 4.6 – Коэффициенты перехода ^{90}Sr для галеги восточной и лядвенца рогатого в зависимости от обменной кислотности дерново-подзолистых супесчаных почв, Бк/кг:кБк/м²

Культура	Обменная кислотность, рН _{KCl}				
	4,6–5,0	5,1–5,5	5,6–6,0	6,1–7,0	>7,0
Сено					
Лядвенец рогатый	8,3	5,8	5,3	4,9	3,1
Галега восточная	18,5	16,2	13,6	9,5	5,3
Сенаж					
Лядвенец рогатый	4,4	3,1	2,8	2,6	1,6
Галега восточная	9,9	8,7	7,3	5,1	2,8
Силос					
Лядвенец рогатый	2,5	1,7	1,6	1,5	0,9
Галега восточная	5,5	4,8	4,0	2,8	1,6
Зеленая масса					
Лядвенец рогатый	1,8	1,2	1,1	1,0	0,7
Галега восточная	4,0	3,5	2,9	2,0	1,1

Примечание: Кп представлены для сена влажностью 16 %, сенажа – 55 %, силоса – 75 %, зеленой массы – 82 %.

В сравнении с люпином горох меньше накапливает радиоактивные вещества. Его сортовые различия по содержанию ^{137}Cs в зерне и зеленой массе гороха достигают 50 % и 20% соответственно, а по ^{90}Sr – 50 % в зеленой массе и 150 % в зерне. Минимальные параметры перехода ^{137}Cs в зеленую массу гороха характерны для сорта Д-15, максимальные – в зеленую массу пелюшки сорта Гомельская.

По зерну имеет место обратная картина. Выше других загрязнение ^{137}Cs наблюдается в зерне сорта Д-15, меньше – у сортов Ева, Агат и Гомельская. В отношении миграции ^{90}Sr установлено наименьшее накопление в зеленой массе сортов Аист и Ева, а наибольшее – сорта Світанак. Имеются сортовые различия по накоплению радионуклидов в сене и зеленой массе клевера (Богдевич И. М. и др., 2005). Наименьшие Кп ^{137}Cs характерны для сортов клевера Гомельский и Слуцкий, наибольшие – для сорта Битунай. По мере возрастания накопления ^{90}Sr сорта клевера располагаются в следующем порядке: Слуцкий < Витебчанин < Даубяй < Нямунай < Гомельский < Битунай. Радиоспектрометрические измерения галеги показали, что содержание ^{137}Cs в зеленой массе различных сортов галеги восточной варьирует незначительно (от 24 до 31 Бк/кг) (Ласько Т. В., и др., 2008). Наименьшим накоплением радионуклидов отличается сорт галеги восточной Гале. Более всего ^{137}Cs в зеленой массе накапливает сорт БСХА-5, ^{90}Sr – сортообразец Быстроотрастающее. Максимальным накоплением ^{90}Sr из изученных сортов галеги восточной характеризовались сорта Быстрорастущее и Нестерка.

Таким образом, из вышеизложенного следует, что при ведении сельскохозяйственного производства на загрязненных радионуклидами дерново-подзолистых почвах целесообразно подбирать высокоурожайные сорта бобовых и зернобобовых культур, отличающихся минимальным накоплением ^{137}Cs и ^{90}Sr для получения продукции, соответствующей допустимым уровням

Еще одним направлением работы являлось изучение миграции радионуклидов из почвы в бобово-злаковые смеси. При исследовании бобовых и зернобобовых культур было показано, что содержание радионуклидов в зерне и зеленой массе бобово-злаковых смесей значительно ниже, чем в продукции бобовых культур, возделываемых в одновидовых посевах. Об этом свидетельствуют коэффициенты перехода ^{137}Cs и ^{90}Sr для двухкомпонентных смесей на основе зернобобовых культур, представленные в таблицах 4.7, 4.8 (Богдевич И. М. и др., 2005).

Также, как и для других культур, параметры миграции радионуклидов в зерно и зеленую массу бобово-злаковых смесей были изучены для трех основных разновидностей почв: суглинистых, песчаных и супесчаных.

Таблица 4.7 – Коэффициенты перехода ^{137}Cs для однолетних бобово-злаковых смесей в зависимости от обеспеченности дерново-подзолистых почв подвижным калием, Бк/кг:кБк/м²

Культура	Содержание K_2O , мг/кг почвы				
	<80	81–140	141–200	201–300	>300
Суглинистые почвы					
Зерно					
Вико-овсяная смесь	0,28	0,20	0,16	0,12	0,08
Горохо-овсяная смесь	0,32	0,24	0,20	0,16	0,12
Пелюшко-овсяная смесь	0,34	0,26	0,21	0,16	0,12
Зеленая масса					
Вико-овсяная смесь	0,07	0,05	0,04	0,03	0,02
Горохо-овсяная смесь	0,08	0,06	0,05	0,04	0,04
Пелюшко-овсяная смесь	0,10	0,08	0,06	0,05	0,04
Супесчаные почвы					
Зерно					
Вико-овсяная смесь	0,28	0,20	0,16	0,12	0,08
Горохо-овсяная смесь	0,32	0,24	0,20	0,16	0,12
Пелюшко-овсяная смесь	0,34	0,26	0,21	0,16	0,12
Зеленая масса					
Вико-овсяная смесь	0,10	0,06	0,05	0,04	0,03
Горохо-овсяная смесь	0,12	0,08	0,06	0,05	0,05
Пелюшко-овсяная смесь	0,13	0,10	0,08	0,06	0,05
Песчаные почвы					
Зерно					
Вико-овсяная смесь	0,28	0,20	0,16	0,12	0,08
Горохо-овсяная смесь	0,32	0,24	0,20	0,16	0,12
Пелюшко-овсяная смесь	0,34	0,26	0,21	0,16	0,12
Зеленая масса					
Вико-овсяная смесь	0,13	0,08	0,07	0,05	0,04
Горохо-овсяная смесь	0,16	0,10	0,08	0,07	0,07
Пелюшко-овсяная смесь	0,18	0,12	0,10	0,08	0,08

Таблица 4.8 – Коэффициенты перехода ^{90}Sr для однолетних бобово-злаковых смесей в зависимости от кислотности дерново-подзолистых почв, Бк/кг:кБк/м²

Культура	Величина обменной кислотности почв pH_{KCL}					
	<4,5	4,6–5,0	5,1–5,5	5,6–6,0	6,1–7,0	>7,0
Суглинистые почвы						
Зерно						
Вико-овсяная смесь	–	1,7	1,3	1,3	1,2	1,2
Горохо-овсяная смесь	–	1,8	1,4	1,3	1,3	1,2
Пелюшко-овсяная смесь	–	1,9	1,5	1,4	1,3	1,2

Продолжение таблицы 4.8

Зеленая масса						
Вико-овсяная смесь	–	2,4	2,2	1,9	1,4	1,0
Горохо-овсяная смесь	–	3,1	2,6	2,1	1,7	1,1
Пелюшко-овсяная смесь	–	3,1	2,7	2,2	1,7	1,2
Супесчаные почвы						
Зерно						
Вико-овсяная смесь	–	2,2	1,6	1,6	1,6	1,5
Горохо-овсяная смесь	–	2,4	1,8	1,7	1,6	1,6
Пелюшко-овсяная смесь	–	2,4	1,8	1,7	1,6	1,6
Зеленая масса						
Вико-овсяная смесь	–	3,4	3,2	2,7	2,0	1,4
Горохо-овсяная смесь	–	4,4	3,7	3,0	2,4	1,6
Пелюшко-овсяная смесь	–	4,5	3,8	3,1	2,4	1,6
Песчаные почвы						
Зерно						
Вико-овсяная смесь	–	2,8	2,0	2,0	1,9	1,9
Горохо-овсяная смесь	–	3,0	2,2	2,1	2,0	1,9
Пелюшко-овсяная смесь	–	3,0	2,3	2,1	2,0	1,9
Зеленая масса						
Вико-овсяная смесь	–	4,4	4,1	3,6	2,6	1,8
Горохо-овсяная смесь	–	5,7	4,8	4,0	3,1	2,1
Пелюшко-овсяная смесь	–	5,8	4,9	4,0	3,2	2,1

Были также установлены средние значения КП ^{137}Cs и ^{90}Sr для бобово-злаковых травосмесей на основе галеги восточной и лядвенца рогатого представленные в таблицах 4.9 и 4.10.

Таблица 4.9 – Коэффициенты перехода ^{137}Cs для многолетних бобово-злаковых травосмесей на дерново-подзолистых супесчаных почвах в зависимости от обеспеченности почв подвижным калием (для сена влажностью 16 %, зеленой массы – 82 %), Бк/кг:кБк/м²

Культура, травосмесь, соотношение бобового и злакового компонента, % от общего веса	Содержание K_2O , мг/кг почвы		
	81–140	141–200	201–300
Сено			
Лядвенец рогатый +ежа сборная 20:80	0,12	0,07	0,05
Лядвенец рогатый +кострец безостый 40:60	0,41	0,21	0,12
Лядвенец рогатый +тимopheевка луговая 30:70	0,29	0,19	0,09
Галега восточная +ежа сборная 30:70	0,26	0,11	0,05
Галега восточная +кострец безостый 50:50	0,28	0,13	0,07
Галега восточная +тимopheевка луговая 40:60	0,15	0,10	0,03
Зеленая масса			
Лядвенец рогатый +ежа сборная 20:80	0,03	0,02	0,01
Лядвенец рогатый +кострец безостый 40:60	0,09	0,04	0,03

Продолжение таблицы 4.9

Лядвенец рогатый + тимофеевка луговая 30:70	0,06	0,04	0,02
Галега восточная + ежа сборная 30:70	0,06	0,02	0,01
Галега восточная + кострец безостый 50:50	0,06	0,03	0,02
Галега восточная + тимофеевка луговая 40:60	0,03	0,02	0,01

Из двух радиологически значимых радионуклидов Кп у радионуклида стронция в отличие от аналогичных показателей цезия были на один два порядка выше.

Таблица 4.10 – Коэффициенты перехода ^{90}Sr для сена многолетних бобово-злаковых травосмесей на дерново-подзолистых супесчаных почвах в зависимости от реакции почвенной среды (для сена влажностью 16 %), Бк/кг:кБк/м²

Травосмесь, соотношение бобового и злакового компонента, % от общего веса	Обменная кислотность, рН _{KCl}	
	4,6–5,0	5,1–5,5
Лядвенец рогатый + ежа сборная 20:80	4,3	3,3
Лядвенец рогатый + кострец безостый 40:60	5,4	4,2
Лядвенец рогатый + тимофеевка луговая 30:70	5,3	3,9
Галега восточная + ежа сборная 30:70	11,4	7,3
Галега восточная + кострец безостый 50:50	17,4	10,5
Галега восточная + тимофеевка луговая 40:60	10,3	6,8

На территории радиоактивного загрязнения одним из эффективных мероприятий, направленным на получение максимального урожая культур и снижение перехода радионуклидов в их продукцию, является оптимизация системы применения удобрений.

При возделывании бобовых и зернобобовых культур, как и у зерновых культур, потребность в удобрениях зависит от величины планируемого урожая и хозяйственного выноса питательных веществ с 1 т продукции (таблица 4.11) (Персикова Т.Ф., 2002; Лапа В.В. и др., 2007), содержания питательных веществ в почве (гумус, подвижные формы P₂O₅, K₂O), величины обменной кислотности (рН_{KCl}), коэффициентов использования питательных элементов из почвы и удобрений (таблица 4.12), плотности радиоактивного загрязнения почвы ^{137}Cs и ^{90}Sr .

Таблица 4.11 – Хозяйственный вынос питательных веществ с 1 т основной и побочной продукции гороха и люпина (минеральные почвы)

Культура	Вид продукции	Вынос, кг				
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
Горох	зерно	58,9	14,0	29,0	24,0	4,8
	(зеленая масса)	(6,5)	(1,5)	(5,0)	(4,2)	(1,0)
Пелюшка	зерно	63,6	24,9	35,6	21,8	8,0
	(зеленая масса)	(4,5)	(1,1)	(3,5)	(2,5)	(0,8)

Продолжение таблицы 4.11

Люпин желтый	зерно (зеленая масса)	84,3 (5,4)	19,9 (1,7)	44,0 (3,9)	18,8 (1,8)	8,5 (0,6)
Люпин белый	зерно (зеленая масса)	80,0 (5,1)	22,0 (1,8)	45,0 (4,1)	18,0 (2,0)	8,0 (0,5)
Люпин узколистный	зерно (зеленая масса)	78,0 (5,0)	20,0 (1,8)	51,0 (4,5)	18,0 (2,2)	8,0 (0,5)
Смесь однолетних бобово-злаковых трав	зерно (зеленая масса)	43,7 (4,5)	15,5 (1,3)	27,8 (4,3)	14,8 (1,5)	4,5 (0,7)
Многолетние бобовые травы (клевер, галега, люцерна)	зеленая масса (сено)	4,3 (23,4)	1,0 (5,1)	4,4 (27,2)	3,0 (15,3)	1,5 (7,6)
Многолетние бобово-злаковые травы (травосмеси на основе клевера, галеги, люцерны)	зеленая масса (сено)	3,5 (17,3)	1,1 (5,4)	5,1 (25,7)	2,4 (13,0)	0,9 (4,8)
Люцерна	сено	27,3	5,8	23,7	–	–

Таблица 4.12 – Коэффициенты использования элементов питания (N, P₂O₅, K₂O) бобовыми и зернобобовыми культурами из почвы и удобрений

Культура	Коэффициент использования, %				
	из почвы		из удобрений		
	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Зернобобовые (люпин, горох)	4	8	45	18	39
Однолетние бобово-злаковые смеси	8	45	70	49	85
Многолетние бобовые травы (клевер, люцерна, галега, люцерна)	7	42	82	39	90
Многолетние бобово-злаковые смеси	7	34	70	30	85

Бобовые и зернобобовые культуры свои потребности в азоте удовлетворяют в основном за счет деятельности клубеньковых бактерий, благодаря которым происходит его симбиотическая фиксация. До 70 % азота эти культуры фиксируют из воздуха, остальную часть потребляют из почвы. Поэтому азотные удобрения под них вносить не рекомендуется. При их внесении азотные удобрения затягивают сроки образования клубеньковых бактерий, ослабляют их развитие и задерживают семенную продуктивность культур.

Стартовые дозы азота рекомендуется вносить лишь под горох (пелюшку) (таблица 4.13) на низкокультуренных (индекс окультуренности <0,6) кислых почвах, где симбиоз угнетен или подавлен, и в первые годы жизни галеги восточной и люцерны рогатой (до 30 кг/га д.в.), когда всходы ослаблены и недостаточно сформирована их корневая система. Внесение азота в этот период повышает интенсивность физиологических процессов в растениях, ускоряет отрастание посевов и их рост, усиливает

кушение и закладку репродуктивных органов, повышает урожайность и создает условия для формирования высококачественного корма.

Таблица 4.13 – Рекомендуемые дозы (кг/га д.в.) азотных удобрений для внесения под горох на загрязненных ^{137}Cs и ^{90}Sr землях

Культура	Планируемая урожайность, т/га	Плотность загрязнения почв радионуклидами, Ки/км ²		
		^{137}Cs -1-5 ^{90}Sr -0,15-0,30	^{137}Cs -5,1-15 ^{90}Sr -0,31-1,0	^{137}Cs -15,1-40 ^{90}Sr -1,1-3,0
Горох, пелюшка	1,5–2,0	15–20	10–15	–
	2,1–2,5	20–30	15–25	15–20
	2,6–3,5	30–40	25–35	20–25
	3,6–4,5	40–50	35–45	25–30

В условиях радиоактивного загрязнения применение особая роль отводится фосфорным удобрениям. Внесение в почву фосфорных удобрений способствует закреплению в ней ^{90}Sr и тем самым снижению перемещения радиоизотопа в звене почва – растение. Это происходит за счет осаждения его фосфатами (Вильдфлуш И. Р. и др., 2000). Поэтому дозы фосфорных удобрений должны обеспечивать бездефицитный баланс, необходимый для питания растений (таблица 4.14).

Таблица 4.14 – Коэффициенты возмещения (Кв) фосфора под бобовые и зернобобовые культуры (% к выносу)

Культуры	Урожайность, зерна (зеленой массы) ц/га	Коэффициент возврата, %			
		Содержание P_2O_5 в почве, мг/кг			
		<100	101–150	151–250	251–400
Суглинистые и супесчаные на морене почвы					
Горох, пелюшка	<10 (200–250)	309	278	216	62
	10–20 (250–300)	285	250	167	59
	20–30 (300–350)	259	222	157	56
Люпин	<10 (200–250)	261	196	131	65
	10–20 (250–300)	248	186	125	62
	20–30 (300–350)	235	176	118	59
Многолетние бобовые травы (галега, лядвенец, клевер)	(30)	261	196	131	65
	(100)	235	176	118	59
Супесчаные на песках и песчаные почвы					
Горох, пелюшка	<10 (200–250)	319	288	226	72
	10–20 (250–300)	295	260	177	69
	20–30 (300–350)	270	232	167	66
Люпин	<10 (200–250)	271	206	141	75
	10–20 (250–300)	258	196	135	72
	20–30 (300–350)	245	186	128	69

Продолжение таблицы 4.14

Многолетние бобовые травы (галега, лядвенец, клевер)	20	294	196	147	98
	60	229	163	114	65

Например, при возделывании гороха в зависимости от получаемой продукции, содержании фосфора в почве и плотности загрязнения радионуклидами, необходимо вносить 15–115 кг д.в. /га фосфорных удобрений (таблица 4.15) (Лапа В. В., 2007).

Таблица 4.15 – Рекомендуемые дозы внесения фосфорных удобрений (кг/га д.в.) под горох и пелюшку на загрязненных ^{137}Cs и ^{90}Sr дерново-подзолистых почвах

Культуры	P_2O_5 , мг/кг почвы	Доза P_2O_5 , кг д.в./га			
		$^{137}\text{Cs} < 1$ Ки/км ² $^{90}\text{Sr} < 0,15$ Ки/км ²	$^{137}\text{Cs} 1-5$ Ки/км ² $^{90}\text{Sr} 0,15-0,30$ Ки/км ²	$^{137}\text{Cs} 5,1-15$ Ки/км ² $^{90}\text{Sr} 0,31-1,0$ Ки/км ²	$^{137}\text{Cs} 15,$ 140 Ки/км ² $^{90}\text{Sr} 1,1-3,0$ Ки/км ²
суглинистые и супесчаные на морене					
Горох, пелюшка (зерно)	<100	х*	х	х	х
	101–150	80–100	85–105	90–110	95–115
	151–200	60–75	60–75	65–80	70–85
	201–300	40–50	40–50	40–50	45–55
	301–400	15–20	15–20	15–20	15–20
Горох, пелюшка (зеленая масса)	<100	50–70	65–85	80–100	95–115
	101–150	40–60	45–65	50–70	55–65
	151–200	30–50	30–50	35–55	40–60
	201–300	20–30	20–30	25–35	30–40
	301–400	х	х	х	х
песчаные и супесчаные на песках					
Горох, пелюшка (зерно)	<100	х	х	х	х
	101–150	х	х	х	х
	151–200	45–55	45–55	50–60	55–65
	201–300	30–35	30–35	30–35	35–40
Горох, пелюшка (зеленая масса)	<100	х	х	х	х
	101–150	х	х	х	х
	151–200	40–45	40–45	45–50	50–55
	201–300	25–30	25–30	30–35	35–45

х* – Применение минеральных удобрений при данной обеспеченности почвы фосфором и калием экономически нецелесообразно

Представленные в таблице дозы рассчитаны на получение урожайности зерна гороха – 30–35 ц/га; зеленой массы – 250–300 ц/га.

При выращивании люпина внесение фосфорных удобрений нецелесообразно, за исключением случаев культивирования данной культуры на почвах, содержание P_2O_5 в пахотных горизонтах которых не превышает 60 мг/кг.

Внесение фосфорных удобрений под клевер способствует накоплению сахаров в корневых шейках растений, азота и уменьшает его выпадение во время зимовки (табл. 4.16).

Таблица 4.16 – Рекомендуемые дозы внесения фосфорных удобрений (кг/га д.в.) под многолетние бобовые травы на загрязненных ^{137}Cs и ^{90}Sr дерново-подзолистых почвах

Культуры	Содержание P_2O_5 , мг/кг почвы	Доза P_2O_5 , кг д.в./га			
		^{137}Cs - менее 1 Ки/км ² ^{90}Sr - менее 0,15 Ки/км ²	^{137}Cs -1-5 Ки/км ² ^{90}Sr -0,15-0,30 Ки/км ²	^{137}Cs -5,1-15 Ки/км ² ^{90}Sr -0,31-1,0 Ки/км ²	^{137}Cs -15,1-40 Ки/км ² ^{90}Sr -1,1-3,0 Ки/км ²
Клевер, галега восточная, ляд-венец рогатый	суглинистые и супесчаные на морене				
	<100	70–100	80–110	90–120	100–130
	101–150	60–80	65–85	70–80	75–95
	151–200	50–70	50–70	55–75	60–80
	201–300	40–50	40–50	40–50	40–50
	301–400	20–30	20–30	20–30	20–30
	песчаные и супесчаные на песках				
	<100	60–70	70–80	80–90	90–100
	101–150	50–60	55–65	60–70	65–75
	151–200	40–50	40–50	45–55	50–60
	201–300	30–35	30–35	30–35	30–35

К важнейшим минеральным тукам необходимым к внесению на территории загрязнения относятся калийные удобрения.

Калийные удобрения способствуют снижению поступления ^{137}Cs в растения.

Это обусловлено как антагонизмом катионов цезия и калия в почвенном растворе, так и значительной прибавкой урожая сельскохозяйственных культур, особенно на бедных калием дерново-подзолистых супесчаных почвах.

Так, при возделывании гороха и пелюшки рекомендуется вносить в почву от 20 до 190 кг д.в./га калийных удобрений (таблица 4.17).

А вот при содержании подвижных форм K_2O в почве более 80 мг/кг, калийные удобрения под люпин не вносят.

Таблица 4.17 – Рекомендуемые дозы внесения калийных удобрений (кг/га д.в.) под горох на загрязненных ^{137}Cs и ^{90}Sr дерново-подзолистых почвах

Культуры	K_2O , мг/кг почвы	Дозы K_2O кг д.в./га			
		^{137}Cs - < 1 Ки/км ² ^{90}Sr -<0,15 Ки/км ²	^{137}Cs -1-5 Ки/км ² ^{90}Sr -0,15-0,30 Ки/км ²	^{137}Cs -5,1-15 Ки/км ² ^{90}Sr -0,31-1,0 Ки/км ²	^{137}Cs -15,1-40 Ки/км ² ^{90}Sr -1,1-3,0 Ки/км ²
Суглинистые и супесчаные на морене почвы					
Горох, пелюшка (зерно)	<80	х*	х	х	х
	81–140	110–130	140–160	155–175	170–190
	141–200	90–100	110–120	120–130	130–140
	201–300	80–100	95–115	100–120	110–130
	301–400	30–40	30–40	30–40	30–40
Горох, пелюшка (зеленая масса)	<80	100–130	140–160	155–175	170–190
	81–140	80–110	110–140	125–155	140–170
	141–200	70–100	90–120	100–130	110–140
	201–300	50–70	65–85	70–90	80–100
	301–400	20–30	20–30	20–30	20–30
Супесчаные на песках и песчаные почвы					
Горох, пелюшка (зерно)	<80	х	х	х	х
	81–140	х	х	х	х
	141–200	100–120	120–140	130–150	140–160
	201–300	75–90	90–105	95–110	105–125
Горох, пелюшка (зеленая масса)	<80	х	х	х	х
	81–140	х	х	х	х
	141–200	85–100	105–120	115–130	125–140
	201–300	65–75	80–90	85–95	95–105

х* применение минеральных удобрений при данной обеспеченности почвы фосфором и калием экономически нецелесообразно

Представленные в таблице дозы рассчитаны на получение урожайности зерна гороха–30-35 ц/га; зеленой массы–250-300 ц/га.

Предложены дозы калийных удобрений для внесения в почву под посевы галеги восточной, клевера, люцерны рогатого (таблица 4.18).

Как уже было подчеркнуто, растения не только потребляют питательные элементы из почвы, но и возмещают за счёт своих остатков, что необходимо учитывать в земледелии (таблица 4.19).

Кроме макроэлементов в системе агрохимических приемов возделывания бобовых культур на территории радиоактивного загрязнения применяются микроэлементы. Это диктуется обстоятельствами, перечисленными ниже.

1. Микроэлементы являются существенным фактором снижения содержания радионуклидов в растениях:

– во-первых, из-за того, что основными формами применяемых микроудобрений являются сульфаты, катионы которых могут быть антагонистами (Cu, Zn, Mn) или конкурентами (Mo) ^{137}Cs и ^{90}Sr ;

– во-вторых, эффект снижения основывается на химических свойствах ^{90}Sr образовывать с некоторыми анионами солей (F^- , SO_4^{2-} , CO_3^{2-} , PO_4^{3-}) труднорастворимые соединения, в частности, сульфат-анион может способствовать закреплению ^{90}Sr в почве в труднодоступной для растений форме;

– в-третьих, при повышении урожайности за счет эффекта «биологического разбавления» снижается удельная активность растениеводческой продукции.

2. Интенсивное известкование снижает поступление в растения таких микроэлементов, как медь, кобальт, цинк, марганец, бор.

3. Под влиянием карбонатов в растениях уменьшается концентрация марганца в 5 раз, меди, цинка, кобальта – на 60 %, бора – на 21–40 %.

4. Наличие в почве одновременно недостатка одних элементов и избытка других приводит к несбалансированному минеральному питанию растений, снижению урожайности и качества продукции. Применение фосфорных удобрений снижает поступление в растения цинка, хлорсодержащих калийных удобрений – поступление йода.

Таблица 4.18 – Рекомендуемые дозы внесения калийных удобрений (кг/га д.в.) под галегу восточную, лядвенец рогатый и клевер на загрязненных ^{137}Cs и ^{90}Sr дерново-подзолистых почвах

Культуры	Содержание K_2O , мг/кг почвы	Доза K_2O , кг д.в./га			
		^{137}Cs - менее 1 Ки/км ² ^{90}Sr - менее 0,15 Ки/км ²	^{137}Cs -1-5 Ки/км ² ^{90}Sr -0,15-0,30 Ки/км ²	^{137}Cs -5,1-15 Ки/км ² ^{90}Sr -0,31-1,0 Ки/км ²	^{137}Cs -15,1-40 Ки/км ² ^{90}Sr -1,1-3,0 Ки/км ²
Клевер, галега восточная, лядвенец рогатый	суглинистые и супесчаные на морене				
	<80	х	х	х	х
	81–140	110–140	140–170	170–200	200–230
	141–200	100–120	120–140	140–160	160–180
	201–300	70–100	85–115	100–130	115–145
	301–400	30–40	30–40	30–40	30–40
	песчаные и супесчаные на песках				
	<80	х	х	х	х
	81–140	110–130	140–160	170–190	200–220
	141–200	90–110	110–130	130–150	150–170
201–300	70–90	85–105	100–120	115–135	

Представленные в таблице дозы рассчитаны на получение урожайности сена – 60–80 ц/га

Таблица 4.19 – Коэффициенты возмещения (K_v) калия под бобовые и зернобобовые культуры (% к выносу)

Культуры	Планируемая урожайность, ц/га	Коэффициент возврата, %			
		Содержание K_2O в почве, мг/кг			
		<80	80–140	141–200	201–300
Суглинистые и супесчаные на морене почвы					
Горох, пелюшка	<10 (200–250)	130	117	104	65
	10–20 (250–300)	104	96	75	63
	20–30 (300–350)	78	74	66	62
Люпин	<10 (200–250)	110	86	61	43
	10–20 (250–300)	100	80	62	42
	20–30 (300–350)	88	74	63	40
Многолетние бобовые травы (галега, лядвенец, клевер)	30	110	86	61	43
	100	88	74	63	40
Супесчаные на песках и песчаные почвы					
Горох, пелюшка	<10 (200–250)	140	127	115	75
	10–20 (250–300)	115	115	85	72
	20–30 (300–350)	90	85	75	70
Люпин	<10 (200–250)	120	100	71	53
	10–20 (250–300)	110	90	72	52
	20–30 (300–350)	95	85	73	50
Многолетние бобовые травы (галега, лядвенец, клевер)	20	129	101	74	55
	60	110	89	67	46

При возделывании гороха и люпина на загрязненной радионуклидами территории необходимо вносить микроудобрения в виде некорневых подкормок. Рекомендуемые дозы и сроки проведения внекорневых подкормок микроэлементами в посевах зернобобовых и бобовых культур представлены в таблице 4.20.

Целесообразно проводить инокуляцию семян гороха ризоторфином или сапронитом. Применение под зернобобовые культуры биопрепаратов повышает продуктивность культур на 10–15 % (прибавка урожая составляет 2–3 ц/га зерна, и 50–60 ц/га зеленой массы) и снижает накопление ^{137}Cs и ^{90}Sr на 10–15 % (Богдевич И. М. и др., 2005).

Для инокуляции семян галеги и лядвенца можно использовать:

– специальные биопрепараты, приготовленные на основе выделенных из клубеньков галеги и размноженных активных штаммов бактерий: сапронит (200 мл/га + 2 % воды от массы семян), нитрагин;

– почву с клубеньками и мелкими корнями со старовозрастных посевов галеги – 4–5 кг/га;

– корни с клубеньками со старовозрастных посевов (100–200 г/га + 2–3 % воды от массы семян).

Таблица 4.20 – Рекомендуемые дозы (г/га д.в.) микроудобрений для внесения под бобовые и зернобобовые культуры на загрязненных ^{137}Cs и ^{90}Sr землях

Микроэлемент	Доза, г/га д.в.	Фаза применения	Примечание
В	50–100	Предпосевная обработка семян	H_3BO_3 – 17 % д.в.
	30–50	Бутонизация	
Mn	50–100	Предпосевная обработка семян	MnSO_4 – 22,8 % д.в.
	30–50	Бутонизация – начало цветения	
Mo	25–30	Предпосевная обработка семян	$(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ – 50–52 % Mo
	30–50	Бутонизация – начало цветения	
Co	50–150	Предпосевная обработка семян	$\text{CoSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ – 20–21 % Co
	50–75	Ветвление стебля – бутонизация	
Cu	50–100	Предпосевная обработка семян	$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ – 25 % Cu КАС с медью, 0,5 % Cu
	25–50	Ветвление стебля – бутонизация	

Семена клевера перед посевом также следует обрабатывать сапронитом (200 г препарата на гектарную норму высева семян). Обработка сапронитом повышает устойчивость клевера к грибным заболеваниям, увеличивает сбор сухого вещества на 5–8 ц/га, содержание протеина – на 2–3 %.

Одновременно с применением системы удобрений при ведении сельскохозяйственного производства на загрязненных радионуклидами территориях одним из важнейших элементов рациональной и экономически оправданной технологии является организация структуры посевных площадей сельскохозяйственных земель. Так, при разработке структуры посевных площадей Никончик П. И. (2007) рекомендует принимать во внимание :

– учёт почвенных условий при подборе культур для получения максимальной урожайности и плотность загрязнения почв для получения нормативно чистых кормов;

– состав и соотношение культур, обеспечивающих агрономически выдержанное их чередование в севооборотах на каждой почвенной разности;

- соответствие специализации хозяйства;
- организацию получения зоотехнически качественных кормов собственного производства с минимальным содержанием радионуклидов и наибольшим выходом с 1 га земельной площади;
- обеспеченность материально-техническими и трудовыми ресурсами.

Наблюдения и расчёты учёных и практиков свидетельствуют, что в сельскохозяйственных организациях, специализирующихся на откорме крупного рогатого скота, зерновые культуры на пахотных землях должны составлять 51–53 %, в организациях по производству молока – 48–50 %, в организациях по выращиванию нетелей – 40–45 %. С целью экологизации земледелия (уменьшение применения минерального азота) и достижения баланса по протеину всего зернофуража удельный вес зернобобовых культур в группе зерновых должен быть не менее 4 % (рисунок 4.2).

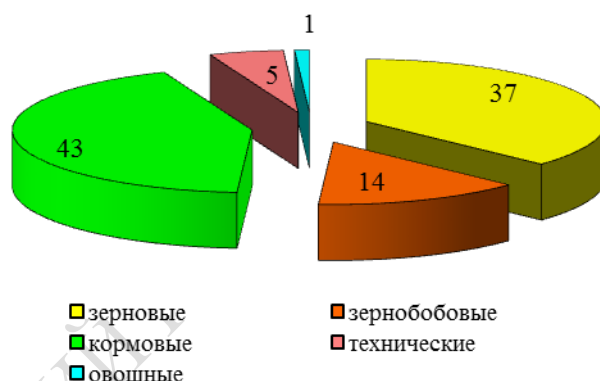


Рисунок 4.2 – Рекомендуемая структура посевных площадей

При этом 50–60 % в структуре зернобобовых культур должен составлять люпин, который содержит наиболее высокий процент белка. При преобладании в структуре зернобобовых гороха, площадь бобовых в зерновом клине должна быть увеличена до 15–16 % (Никончик П. И., 2007).

При выборе видов зерновых культур для возделывания на землях, загрязненных радионуклидами, требуется учитывать различия в накоплении ими радионуклидов. В Республике Беларусь ограничения по возделыванию сельскохозяйственных культур связаны с содержанием в почве ^{90}Sr . Так, установлено, что зерновые культуры по накоплению ^{90}Sr располагаются в следующем убывающем порядке: Овёс > Ячмень > Пшеница яровая > Рожь озимая > Тритикале озимое > Тритикале яровое (Тимофеев С. Ф. и др., 2007).

Из этого следует, что необходимо увеличивать количество посевных площадей под озимое тритикале и включать в структуру яровое тритикале, которые отличаются наименьшим накоплением радионуклидов и высокой урожайностью. Одновременно площади под посевы овса, для которого характерны высокие коэффициенты перехода ^{90}Sr в зерно, подлежат пересмотру.

Эффективным способом балансирования зерна по протеину является добавление в структуру посевных площадей бобовых с одновременным уменьшением злаковых культур. Состав однолетних трав может быть представлен горохо- и люпино-злаковыми смесями. В смешанные горохо-злаковые посевы желательно включать в качестве бобового компонента горох полевой, а в качестве злакового – ячмень и яровое тритикале. В составе люпино-злаковых посевов целесообразно использовать желтый или узколистный люпин, просо, яровое тритикале или ячмень. Наиболее продуктивные люпино-злаковые агрофитоценозы по урожайности зерносмеси и выходу белка с гектара формируются при посеве 0,8–1,0 млн. шт./га всхожих семян люпина и 1,2–2,0 млн. шт./га семян ярового тритикале или ячменя. Люпино-просяная смесь высевается в соотношении 0,4–0,5 : 3,0–3,5 млн. шт./га всхожих семян. Норма высева горохо-злаковых смесей составляет 0,8 млн. шт./га всхожих семян гороха и 4,2 млн. семян злакового компонента.

В сельскохозяйственных организациях, специализирующихся на откорме молодняка крупного рогатого скота и производстве молока, целесообразно иметь в структуре посевов многолетние травы до 33 %, по выращиванию нетелей – до 40 %. В структуре многолетних трав 60 % площадей рекомендуется отводить под посевы бобовых, 40 % – бобово-злаковых смесей. Наряду с широко распространенными клеверами можно высевать такие бобовые травы, как лядвенец рогатый, галега восточная, люцерна и смеси на их основе. Эти культуры способны сформировать высокие урожаи зеленой массы (до 1000 ц/га).

Оценка сравнительной радиоэкологической эффективности возделывания различных многолетних бобовых культур при одинаковой плотности загрязнения почвы ^{90}Sr свидетельствует, что при оптимальных показателях плодородия почвы и, следовательно, максимальной урожайности травостоя, удельная активность ^{90}Sr в зеленой массе (сене) клевера в 1,3–1,4 раза выше, чем у галеги восточной и люцерны, и в 3,2 раза выше, чем у лядвенца рогатого. Установлено, что в травосмесях лядвенца рогатого с многолетними злаковыми травами в кормах до 4 раз снижается удельная активность ^{90}Sr в сравнении с клевером. Поэтому при высокой плотности загрязнения почв ^{90}Sr возделывание галеги восточной и лядвенца рогатого, а также бобово-злаковых травосмесей на их основе

более целесообразно, чем клевера, для получения кормов с допустимыми уровнями содержания ^{90}Sr (Ласько Т. В. и др., 2008).

Как и зерновые культуры, зернобобовые размещать по полям севооборотов необходимо с учетом допустимой плотности загрязнения радионуклидами, направления использования продукции (молоко цельное, молоко - сырье на переработку на масло и т.д.), правил чередования культур и технологий ведения растениеводства.

Таким образом, оптимизация выращивания бобовых и зернобобовых культур на территории радиоактивного загрязнения, как и на чистых землях, должна быть ориентирована на биологизацию земледелия путем обеспечения почвы азотом за счет его симбиотической фиксации, уменьшения применения минеральных азотных удобрений, снижения загрязнения азотом грунтовых вод, пополнения почвы органическим веществом, повышения продуктивности растений.

В отдаленный период после радиоактивного загрязнения агроценозов, при научно обоснованном расширении посевов бобовых и зернобобовых культур на загрязненных радионуклидами территориях, содержание радионуклидов в продукции растениеводства и животноводства не превышает установленные допустимые нормативы. При этом, существенно улучшается кормовая база животноводства за счет сбалансированности кормов по протеину, формируются благоприятные условия для возделывания сельскохозяйственных культур, повышения экономического потенциала сельскохозяйственных организаций и улучшения экологической обстановки в регионах.

Использование экологических технологий становится основным направлением ведения сельскохозяйственного производства на загрязненных территориях.

4.2. Возделывание клевера

Одной из наиболее важных и распространенных кормовых бобовых культур в республике является клевер, высеваемый в полевых севооборотах в чистом виде и в смеси со злаковыми травами. Клевер способен давать ценный высокопитательный корм с ранней весны до поздней осени.

Корма, приготовленные из клевера, отличаются высоким содержанием белка, витаминов, кальция, фосфора и других питательных веществ и хорошо поедаются всеми видами животных. В 100 кг сена клевера лугового содержится 40–50 к.ед. и 10,1–16,0 % протеина, что в 1,5 раза больше, чем в злаковом сене.

Клевер играет большую роль в повышении плодородия почв, обогащая почву биологическим азотом. Гектар клевера, удобренного фосфорными и калийными удобрениями, может накапливать до 120–150 кг азота, что заменяет внесение 3,5–4,5 ц аммиачной селитры и позволяет получать высокие урожаи последующих культур.

Клевер – хороший предшественник для озимых и яровых зерновых и технических культур. Его выращивание является мощным средством по предотвращению ветровой и водной эрозии почв.

Безусловно, что свою агротехническую и кормовую роль клевер в полной мере может выполнить лишь при получении высоких урожаев. При правильной агротехнике он может обеспечить получение с одного гектара 80–100 ц сухого вещества, или 60–80 ц к. ед., или 1200–1600 кг сырого протеина.

После аварии на Чернобыльской АЭС из сельскохозяйственного использования в Республике Беларусь были резко сокращены посевные площади бобовых и зернобобовых культур, обладающих способностью к повышенному накоплению ^{90}Sr .

Проведенные исследования показывают, что исключение клевера из посевов обосновано только на почвах с плотностью загрязнения ^{90}Sr более $0,5 \text{ Ки/км}^2$ ($18,5 \text{ кБк/м}^2$). На дерново-подзолистых почвах, загрязнённых ^{137}Cs , клевер накапливает этот радионуклид в среднем на 30 % меньше, чем многолетние злаковые травы.

Уменьшение площадей возделывания бобовых культур нарушает сложившуюся структуру севооборотов, лишает культуры благоприятных предшественников и снижает производительность земель. Объективная необходимость настоятельно требует возврата к возделыванию бобовых культур, как к источнику самого дешевого, сбалансированного по основным незаменимым аминокислотам протеина.

Изменение радиационной обстановки в постчернобыльский период в лучшую сторону, активное применение защитных контрмер и новых перспективных видов и сортов клевера позволили пересмотреть данную проблему и предложить варианты увеличения продуктивности и расширения посевов клевера для кормовых и семенных целей на загрязнённой радионуклидами территории. За счет применения агрохимических контрмер ареал возделывания клевера лугового удалось расширить практически в два раза, а чистую продукцию, соответствующую РДУ-99, получать на почвах с плотностью загрязнения радионуклидами в два раза выше, чем без удобрений.

Обычно перед изучением миграции радионуклидов из почвы в сельскохозяйственную культуру рассматривают её биологические особенности, которые уже на данном этапе исследований могут свидетель-

ствовать о возможных параметрах перехода радионуклидов в звене почва – растение. Поэтому, что представляет собой клевер как культура с биологической точки зрения.

Клевер красный, луговой (*Trifolium pratense* L.) – многолетнее травянистое растение с хорошо развитой корневой системой (до 1–2 м). Основная масса корней сосредоточена в верхних почвенных горизонтах. По числу междоузлий на стеблях различают два типа клевера лугового: одноукольный – с яровым типом развития, более высокой урожайностью, двуукольный – озимый, с меньшей требовательностью к влаге (Вавилов П. П. и др., 1986; Дмитриева С. И. и др., 1974). Клевер луговой нетребователен к теплу, однако сильные морозы зимой вызывают гибель растений, снижают урожай сена и ухудшают его качество. Слабая морозостойкость его отмечается весной, когда при $t = -8^{\circ}\text{C}$ изреживание достигает 40 %. Органические и минеральные удобрения повышают устойчивость культуры, а длительный недостаток влаги в почве оказывает отрицательное влияние на ее зимостойкость. Клевер луговой — влаголюбивое растение. На формирование одной единицы сухой массы суммарный расход воды достигает 400–600 соответствующих единиц. Клевер хорошо растет, когда влажность почвы поддерживается на уровне 70–80 % наименьшей, или предельно-полевой влагоемкости. Он не переносит избытка влаги в почве, а при застое воды на поле погибает. В течение вегетационного периода потребность его во влаге неодинакова. Молодые неокрепшие растения очень чувствительны к недостатку воды. В фазе четырех листьев и более засухоустойчивость растений повышается. Во второй и последующие годы жизни клевера наибольшая потребность во влаге приходится на период максимального накопления сухой массы, то есть с конца фазы стеблевания до начала цветения. После скашивания на сено потребность во влаге снова возрастает, но в меньшей мере, чем при формировании первого укоса.

Клевер луговой – растение длинного дня. Это относительно теневыносливое растение: его можно подсеивать под покров различных культур. При выращивании клевера под покровом высокоурожайных и сравнительно высокорослых сортов ржи, пшеницы, овса, ячменя нередко наблюдается прикорневое полегание хлебов. На высокоурожайных посевах необходимо применять такую агротехнику, которая обеспечивала бы хорошее развитие клевера, в частности, снижение нормы высева покровной культуры.

Наиболее пригодными для производства клевера являются окультуренные дерново-карбонатные и дерново-подзолистые суглинистые и супесчаные почвы, подстилаемые моренными суглинками. Неустойчивы посевы клевера на дерново-подзолистых глееватых и глеевых осу-

шенных почвах, подстилаемых суглинками. Непригодны для клевера торфяно-болотные и дерново-глеевые (осушенные), дерново-подзолистые песчаные и супесчаные, дерново-подзолисто-глееватые и глеевые почвы, подстилаемые песками. Клевер не переносит кислых почв: при реакции почвенной среды pH_{KCl} ниже 4,5 он, как правило, выпадает. При содержании в почве 3–4 мг алюминия на 100 г почвы клевер очень плохо растет, а при 5 мг полностью выпадает. Оптимальное значение pH_{KCl} составляет 5,8–6,5.

Клевер первого года жизни потребляет из почвы много питательных веществ. При урожае сена 50–70 ц с 1 га клевер выносит из почвы (кг): фосфора – 30–65, калия – 70–120, азота – 130–160, кальция – 120–170, магния – 37–52 (Персикова Т. Ф., 2002).

Клевер при оптимальных условиях выращивания обеспечивает себя азотом на 2/3 за счет атмосферы и только 1/3 азота использует из почвы. Количество клубеньков увеличивается до фазы цветения, затем они постепенно отмирают. При многократном скашивании клевера задерживается наступление фазы цветения, поэтому фиксация атмосферного азота клубеньковыми бактериями увеличивается. Клевер хорошо отзывается на микроэлементы – молибден, бор, медь, которые активизируют многие биохимические процессы в организме (Вильдфлуш И. Р. и др., 1995).

Развитие клевера лугового в год посева зависит от биологических особенностей сорта, от сроков и способов посева (без покрова или под покров), от плодородия почвы, наличия необходимых элементов питания и метеоусловий. У клевера лугового второго и последующих лет жизни различают следующие фазы роста: *прикорневой розетки, отрастания, стеблевания, бутонизации, начала цветения, полного цветения, побурения головок и полного созревания семян.*

В период *от отрастания до начала стеблевания* надземная часть клевера состоит только из фотосинтезирующих органов. В это время приход пластических веществ превосходит их расход на формирование органов.

С фазы *стеблевания до фазы бутонизации* включительно происходит интенсивный рост стеблей, резко увеличивается масса надземной части.

В период *от бутонизации до начала цветения* несколько замедляется рост стеблей. Листовая поверхность достигает максимального развития, приход питательных веществ превосходит их расход на функционирование живого организма.

С *начала цветения до созревания семян* расход питательных веществ на оплодотворение, формирование семян, дыхание превосходит

приход их за счет фотосинтетической деятельности. Содержащийся в клубеньках азот направляется на формирование семян.

При скашивании клевера в конце фазы стеблевания, то есть в период, когда расход питательных веществ превосходит их приход, отрастание растений происходит очень медленно, в результате чего теряется много корма. Скашивание клевера на сено в фазе полного цветения также приводит к значительному недобору урожая со второго укоса, так как отрастание будет происходить очень медленно. Клевер следует косить в фазе бутонизации – начала цветения.

Клевер луговой характеризуется высокой урожайностью и хорошей отавностью. Самый высокий урожай клевера получают в первый год пользования, на второй год жизни. Лучшие сорта клевера лугового белорусской селекции позволяют получать при оптимальных условиях возделывания 500–800 ц/га зеленой массы, 80–120 ц/га сухого вещества, 2,5–5,0 ц/га семян (Старовойтов А. М., 2004). В травостое пастбищ обычно его используют не более двух лет (не считая года посева), после чего он начинает вытесняться другими видами. В первые же циклы стравливания при медленном росте злаков основную долю урожая составляет именно клевер луговой.

Клевер белый, ползучий (*Trifolium repens* L.). образует главный стержневой корень, достигающий в возрасте двух месяцев глубины 60 см, развивая многочисленные боковые корни, основная масса которых залегает на глубине 40–50 см. На ползучих побегах в поверхностных слоях почвы также развиваются корни. Главный стебель укороченный, боковые побеги ползучие или приподнимающиеся, укореняющиеся в узлах. Клевер ползучий быстро отрастает после стравливания, дает в течение всего пастбищного сезона нежную зеленую массу. Стравливается в течение лета 3–5 раз. Влаголюбив, хорошо переносит застой поверхностных вод и половодье до 43 суток. Оптимальное для него залегание грунтовых вод 60–100 см. Произрастает на минеральных и торфяных почвах, имеющих рН 5,0–5,3. По сравнению с клевером луговым более засухоустойчивый, хорошо переносит суровые зимы. Растение светолюбивое: в смешанных посевах из-за недостатка света угнетается верховыми злаками.

Клевер розовый, шведский, гибридный (*Trifolium hybridum* L.) к почвам не особенно требователен, но предпочитает структурные почвы – глинистые, суглинистые и супесчаные. Развивается медленнее клевера лугового, более долговечен, на одном месте может произрастать 5–8 лет. Лучше, чем клевер луговой, растет на болотах и тяжелых глинистых холодных почвах. Влаголюбив, развивается при глубине залегания грунтовых вод 40–90 см; с повышением уровня грунтовых вод и ухудшением аэрации почвы развитие главного корня угнетается. Переносит поч-

вы с реакцией среды pH_{KCl} 4–5 при оптимальной pH_{KCl} 6–7. Устойчивый к низким температурам. Культивируется в травосмесях при залужении низинных и заливных лугов. В посевах держится обычно три года. Развивается быстро и в год высева зацветает даже при покровном посеве. Полного развития достигает на второй год жизни. Плохо отрастает после скашивания. Лучше клевера лугового переносит пастьбу.

Таким образом, луговой и гибридный клевера, имеющие хорошо облиственные побеги, используют в основном в полях севооборота и при коренном улучшении сенокосов. Клевер ползучий является незаменимым компонентом в травосмесях при создании культурных пастбищ.

Для решения проблемы производства нормативно чистых продуктов питания на загрязненных радионуклидами территориях необходимо проведение комплекса агротехнических и агрохимических защитных мероприятий. Важнейшей задачей кормопроизводства является получение сбалансированных по белку кормов, соответствующих требованиям Республиканских допустимых уровней содержания ^{137}Cs и ^{90}Sr в сельскохозяйственном сырье и кормах.

В течение многих лет обеспеченность животноводства кормовым белком в республике составляет 80–85 % к потребности, что отрицательно сказывается на продуктивности животных и приводит к большому перерасходу кормов и увеличению себестоимости мяса и молока. Только из-за дефицита протеина перерасход кормов достигает 2,5 млн.т к.ед., при использовании которых можно получить дополнительно более 1 млн.т молока и 110 тыс.т говядины. Несмотря на улучшение обеспеченности кормов переваримым протеином его содержание в кормовой единице составляет в среднем только около 84 г, в Гомельской области – 68, Брестской – 81, при необходимых 105 г.

Главной причиной низкой экономической эффективности животноводства в республике являются высокие удельные затраты кормов на производство продукции, существенно превышающие зоотехнические нормативы.

Так, на 1 кг привеса крупного рогатого скота в среднем по республике затрачивается 13,8 к. ед. (норматив – 7,5), свиней – 6 (норматив – 4) и на 1 кг молока – 1,4 к. ед. (норматив – 1,1). Затраты на корма в сельскохозяйственных организациях республики в отдельные годы вдвое превышают расходы на минеральные удобрения, средства защиты растений, нефтепродукты и газ (Русак Л. В., 2005; Кадыров М. А., Кукреш Л. В., 2005).

Основным резервом повышения эффективности кормопроизводства для молочного и мясного скотоводства являются качественные корма

в достаточном количестве (в том числе многолетние бобовые травы), сбалансированные по белку с оптимальным сахаро-белковым отношением. По отчетным данным, себестоимость кормовой единицы на пастбищах в 3 раза, многолетних трав на пашне – в 2,65 раз, однолетних трав – в 1,65 раз ниже себестоимости кормовой единицы кукурузы.

В сложившихся ныне в белорусском агропромышленном комплексе условиях только при возрождении культурного травосеяния на практике возможно создание стабильной кормовой базы, а на ее основе увеличение и удешевление производства качественной продукции животноводства. Расчеты показывают, что гектар клевера при более низких энергозатратах дает выход кормовых единиц на 39 %, а переваримого протеина на 75 % больше, чем гектар многолетних злаковых трав, и обеспечивает 127 г переваримого протеина на одну кормовую единицу. Таким образом, эффективность выращивания злаков для производства молока и говядины в три раза ниже, чем бобовых.

Возможности расширения посевов клевера для производства нормативно чистых кормов ограничены на почвах, загрязненных радионуклидами. Установлено, что клевер накапливает ^{90}Sr в среднем в 2 раза больше, а ^{137}Cs в 3 раза меньше, чем злаковые травы (Богдевич И. М., 2003). На низкоплодородных почвах, загрязненных ^{90}Sr более $0,5 \text{ Ки/км}^2$ ($18,5 \text{ кБк/м}^2$), лучше использовать злаковые или клеверо-злаковые травосмеси, которые обеспечивают кормовой рацион белком при минимальных дозах азотных удобрений, а на плодородных почвах и без минерального азота. Полное же исключение бобовых из травосмесей требует применения повышенных доз азота, что усиливает загрязнение многолетних злаковых трав ^{137}Cs .

Возврат к возделыванию клевера на загрязненных радионуклидами территориях позволяет восстановить утраченное плодородие почв и увеличить сбор полноценных кормов.

По величине накопления радионуклидов на единицу сухого вещества при одинаковой плотности загрязнения почв кормовые культуры можно разместить в порядке убывания содержания радионуклидов в продукции (Богдевич И. М., 2003). Установлен убывающий ряд культур по накоплению ^{137}Cs в зеленой массе: многолетние злаковые травы > люпин > рапс > многолетние бобово-злаковые смеси > **клевер** > горох > горохо-овсяная смесь > вико-овсяная смесь > кукуруза, в котором клевер располагается после многолетних злаковых трав и бобово-злаковых смесей. Среди трех видов изученных клеверов (клевер красный, белый и розовый) самая высокая активность зеленой массы по ^{137}Cs присуща клеверу белому (Шмигельская И. Д. и др., 2004).

Клевер возглавляет убывающий ряд кормовых культур по накоплению в зеленой массе ^{90}Sr : клевер > люпин > горох > многолетние злаковые травы на пойменных землях > многолетние злаково-бобовые смеси > вика > рапс яровой > горохо-овсяные смеси > вико-овсяные смеси > травы естественных сенокосов > кукуруза.

Клевер луговой высевают преимущественно под покровные культуры, которые выбирают, руководствуясь, как правило, производственными нуждами или сложившимися традициями. Место клевера лугового в севообороте определяется видом покровной культуры. Лучшие травостои создаются при подсеве клевера под однолетние травы на зеленый корм и раннеспелые сорта ячменя, под озимые рожь или пшеницу, тритикале. Иногда клевер подсевают под покров вико-овсяной или горохо-овсяной смесей, убираемых на зеленый корм или сено. Для растений клевера под покровом зерновых наиболее опасно полегание посевов. Для недопущения полегания клевера предусматривается осторожное внесение азотных удобрений, снижая их дозу примерно на 30 %, при этом все удобрения вносятся как можно равномернее. Комплекс факторов, повышающих урожайность зерновых, влияет и на продуктивность клевера. На достаточно плодородных почвах снижают норму высева покровной культуры.

Хорошими предшественниками для клевера лугового считаются пропашные, после которых в севооборотах высевают яровые зерновые культуры. Одновременно клевер – хороший предшественник для озимых и яровых зерновых и технических культур. При бессменном использовании клевера развиваются болезни и вредители, снижаются урожаи сена и семян (Андреев Н. Г., 1989).

В настоящее время в Республике Беларусь возделываются различные виды и сорта клевера. Клевер луговой представлен следующими районированными сортами: Слуцкий раннеспелый местный, Минский позднеспелый местный, Цудоўны, Тернопольский 2, Долголетний, Витебчанин, Маро, Ренова, Долина, Меря. К лучшим сортам клевера лугового белорусской селекции относятся Долголетний, Витебчанин, Яскравы, клевера ползучего – Духмяны.

В зоне радиоактивного загрязнения агроценозов практическое значение имеет знание радиоэкологических показателей производства каждой культуры. Наличие нескольких позднеспелых и раннеспелых сортов в хозяйстве позволяет удлинить в два и больше раза оптимальные сроки уборки на сенаж и силос. Долголетние формы клеверов незаменимы при посеве в кормовых прифермерских севооборотах, при создании сенокосов и пастбищ вне севооборотов путем улучшения природных лугов. Включение клевера лугового сортов Долголетний, Ранний 2, Марс в травосмесь с ежой сборной позволяет проводить первый укос уже в третьей

декаде мая. К середине первой декады июля формируется полноценный второй укос зеленой массы среднепозднеспелых сортов (Яскравы). Ежово-клеверная травосмесь в третьей декаде августа формирует третий укос, который можно использовать в системе зеленого и сырьевого конвейеров различных видов кормов (Васько П. П., 2003).

Для получения радиологических показателей и выяснения возможностей выращивания культуры в зоне загрязнения группой исследователей из РУП «Институт почвоведения и агрохимии» и РНИУП «Институт радиологии» в полевом мелкоделяночном эксперименте, заложенном на дерново-подзолистой супесчаной почве (плотность загрязнения $^{137}\text{Cs} - 574 \pm 69 \text{ кБк/м}^2$ ($15,5 \pm 1,9 \text{ Ки/км}^2$); $^{90}\text{Sr} - 13,8 \pm 2,1 \text{ кБк/м}^2$ ($0,37 \pm 0,06 \text{ Ки/км}^2$); содержание элементов питания в пахотном горизонте: гумус $-1,73 \pm 0,13\%$, $\text{pH}_{\text{KCl}} - 5,43 \pm 0,32$, $\text{P}_2\text{O}_5 - 250 \pm 20$; $\text{K}_2\text{O} - 143 \pm 13$; $\text{CaO} - 654 \pm 70$; $\text{MgO} - 106 \pm 4$; $\text{S} - 15,6$; $\text{B} - 0,22$; $\text{Cu} - 2,39$; $\text{Zn} - 2,57$; $\text{Mn} - 4,0 \text{ мг/кг}$ почвы, гидролитическая кислотность $\text{Нг} - 1,70 \pm 0,42 \text{ смоль/кг}$, сумма поглощенных оснований $\text{S} - 4,70 \pm 0,66 \text{ смоль/кг}$ почвы, индекс окультуренности $\text{Иок} - 0,65 \pm 0,03$) в КСУП «Дубовый Лог» Добрушского района изучалось влияние сортовых особенностей клевера на накопление ^{137}Cs и ^{90}Sr в урожае (зеленая масса и сено) шестью районированными (Гомельский, Витебчанин, Слуцкий, Даубяй) и перспективными (Нямуняй, Битунай) сортами (Богдевич И. М. и др., 2005).

Во время наблюдений урожайность различных сортов клевера составила в среднем за укос $116,3 - 179,0 \text{ ц/га}$ зеленой массы ($25,8 - 39,8 \text{ ц/га}$ сена). Наиболее урожайными были сорта клевера ползучего Битунай и Гомельский, соответственно $167,2$ и $179,0 \text{ ц/га}$ зеленой массы. Содержание ^{137}Cs варьировало в пределах $302 - 333 \text{ Бк/кг}$ в сене и $59 - 65 \text{ Бк/кг}$ в зеленой массе, $^{90}\text{Sr} - 312 - 502 \text{ Бк/кг}$ и $61 - 98 \text{ Бк/кг}$ соответственно (таблица 4.21). Удельная активность сена по ^{137}Cs была в $3,9 - 4,3$ раза и зеленой массы в $2,5 - 2,8$ раза ниже, по ^{90}Sr соответственно в $1,2 - 1,9$ и $1,6 - 2,6$ раза выше значений РДУ-99 в кормах для производства цельного молока.

Параметры миграции ^{137}Cs из почвы в клевер разных видов в полевом опыте отличались незначительно ($\text{Кп} 0,10 - 0,15$). Наибольший показатель перехода ^{137}Cs отмечен у клевера ползучего сорта Битунай – $\text{Кп} 0,15$.

В отношении сортовых различий по миграции ^{137}Cs в зеленую массу клевера ползучего показан минимальный $\text{Кп} (0,10)$ у сорта Гомельский, максимальный $(0,15)$ – Битунай.

По мере возрастания накопления ^{90}Sr виды клевера располагались следующим образом: луговой Слуцкий ($\text{Кп} 5,3$), Витебчанин ($\text{Кп} 5,5$),

гибридный Даубяй (Кп 5,9), ползучий (Кп 6,2; 6,4; 6,6) Нямуняй, Гомельский и Битунай соответственно. Наиболее достоверные различия характерны для сортов клевера ползучего: минимальный Кп для сорта Нямуняй (6,2), максимальный – Битунай (6,6).

Таблица 4.21 – Влияние видовых и сортовых различий клевера на урожай и накопление ^{137}Cs и ^{90}Sr зеленой массой

Вид, сорт	Урожайность		Зеленая масса			
	ц/га	± к кон- тролю	^{137}Cs		^{90}Sr	
			Бк/к г	Кп, Бк/кг:кБк/м ²	Бк/кг	Кп, Бк/кг:кБк/ м ²
Гибридный						
Даубяй	116,3	0,0	75±6	0,12±0,02	61±9	5,9±0,8
Ползучий						
Нямуняй	131,3	15,0	70±5	0,12±0,01	93±1 4	6,2±0,9
Гомельский	179,0	62,7	59±4	0,10±0,04	98±1 5	6,4±0,9
Битунай	167,2	50,9	71±6	0,15±0,03	77±1 2	6,6±0,9
Луговой						
Витебчанин	124,7	8,4	65±5	0,12±0,01	88±1 3	5,5±0,8
Слуцкий	130,7	14,4	72±5	0,12±0,04	74±1 1	5,3±0,8
НСР ₀₅	3,9					
РДУ-99 (для молока цельного)			165		37	

На формирование культурных пастбищных травостоев влияет целая система мер, которая включает применение минеральных удобрений, особенности ухода за травостоем пастбища и характер его дальнейшего использования.

Так, на слабокультуренных дерново-подзолистых почвах при низких дозах минеральных удобрений более продуктивны пастбища с продолжительностью использования 4–5 лет, тогда как на более плодородных и богатых азотом осушенных дерново-глеевых при интенсивном уровне удобрения преимущества имеют культурные пастбища с более длительным сроком использования.

На краткосрочных пастбищах на дерново-подзолистых почвах различной степени увлажнения с невысокой плотностью радиоактивного загрязнения (^{137}Cs – до 15 Ки/км² (< 555 кБк/м²);

^{90}Sr – до $0,50 \text{ Ки/км}^2$ ($<18,5 \text{ кБк/м}^2$) и с учетом видовых особенностей многолетних трав по накоплению радионуклидов (таблицы 4.22. и 4.23) целесообразен преобладающий тип травостоя бобово-злаковый с высоким удельным весом клевера ползучего и лугового. При этом в составе травосмесей желательны наиболее устойчивые верховые злаки – овсяница луговая и тимopheевка луговая.

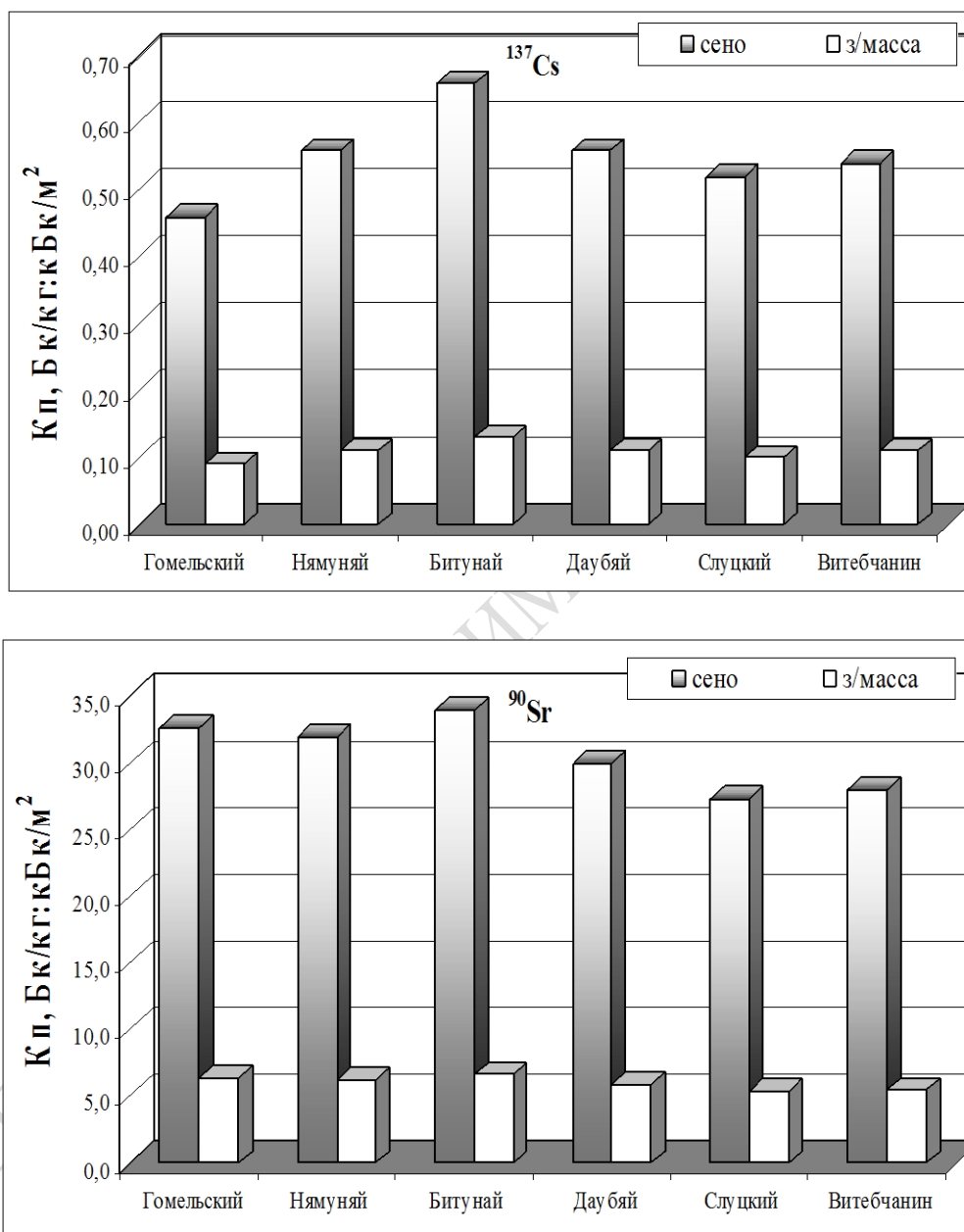


Рисунок 4.3 – Видовые и сортовые различия клевера по накоплению ^{137}Cs и ^{90}Sr в зеленой массе и сене

При недостатке азотного питания на пастбище обычно формируются бобово-злаковые травостои с преобладанием низовых злаков и бобовых трав. Причём клевер луговой повышает продуктивность пастбища в первые два года использования, а клевер ползучий – в последующие годы.

Для этих целей лучше подходят сорта раннеспелого клевера лугового с хорошей отавностью. К настоящему времени известно, что размеры симбиотической фиксации атмосферного азота клевером соответствуют 100–150 кг/га азота минеральных удобрений, внесенных на злаковом травостое.

В случае травостоев с высоким удельным весом клевера лугового и ползучего (30–40 % и более), где происходит использование биологического азота, удаётся получать при подкормке пастбища только фосфорно-калийными удобрениями примерно 4 тыс. к.ед. с 1 га.

Таблица 4.22 – Параметры перехода ^{137}Cs и ^{90}Sr из почвы в сено злаковых и бобовых трав (Подольск А. Г., 2002)

Вид	Кп ^{137}Cs	Кп ^{90}Sr
	Бк/кг: кБк/м ²	
<i>Злаковые (Poaceae)</i>		
Лисохвост луговой (<i>Alopecurus pratensis</i> L.)	4,5±1,3	10,3±3,8
Тимофеевка луговая (<i>Phleum pratense</i> L.)	3,0±1,5	13,2±1,6
Овсяница луговая (<i>Festuca pratensis</i> Huds.)	2,7±1,2	5,9±1,7
Мятлик луговой (<i>Poa pratensis</i> L.)	0,7±0,4	2,6±0,4
Костер безостый (<i>Bromus inermis</i> Leyss)	0,4±0,2	4,0±2,1
Ежа сборная (<i>Dactylis glomerata</i> L.)	0,3±0,2	1,6±1,0
<i>Бобовые (Fabaceae)</i>		
Клевер луговой (<i>Trifolium pratense</i> L.)	0,59±0,24	23,7±7,2
Клевер белый (ползучий) (<i>Trifolium repens</i> L.)	0,53±0,25	24,7±7,5
Клевер гибридный (<i>Trifolium hybridum</i> L.)	0,61±0,25	24,3±7,5
Люцерна (<i>Medicago sativa</i> L.)	0,31 ±0,19	21,0±6,8
Лядвенец рогатый (<i>Lotus corniculatus</i> L.)	6,00±0,80	79,8±8,3

Таблица 4.23 – Коэффициенты пропорциональности ^{137}Cs в звене почва – зеленая масса клевера и почва-травосмеси на его основе (влажность 82 %) в зависимости от показателей плодородия дерново-подзолистых супесчаных почв

Культура	Содержание подвижного калия, мг/кг почвы					
	< 80	81–140	141–200	201–300	30–400	>400
^{137}Cs						
Люцерна	0,12	0,10	0,07	0,03	0,02	
Клевер + люцерна	0,16	0,12	0,08	0,04	0,16	
Клевер	0,21	0,15	0,09	0,07	0,02	0,02
Клевер + злаковые травы	0,25	0,19	0,13	0,10	0,09	

Оптимальной долей клевера ползучего в травостоях считается 25–35 %. В этом случае азота, накапливаемого клевером ползучим,

достаточно для обеспечения продуктивности пастбища на уровне 3,5–4,0 тыс. к.ед. с 1 га. В случае выпадения бобовых трав из травостоя в нём сохраняются в значительном количестве ценные злаковые травы. В таких случаях его можно использовать без перезалужения более длительное время, удобряя, по типу злакового, с внесением наряду с фосфорно-калийными азотные удобрения (90–120 кг/га в год). При наличии в хозяйствах культурных пастбищ с бобово-злаковыми и злаковыми травостоями достигается наиболее рациональное использование преимуществ каждого из них и при ограниченном уровне азотного удобрения можно получать максимальное количество зеленого пастбищного корма.

На пастбищных угодьях, имеющих высокую плотность загрязнения радионуклидами $^{90}\text{Sr}^{90}$ (более 0,50 Ки/км (18,5 кБк/м²) и ^{137}Cs (более 15 Ки/км² (555 кБк/м²)), при их перезалужении создаются высокопродуктивные злаковые травостои, предусматривающие применение умеренных доз азотных удобрений.

Подбор состава травосмесей для создания культурных сенокосов на загрязненных радионуклидами лугах определяется, прежде всего, характером улучшаемых угодий, их почвенным плодородием, особенностями водного режима, а также возможностями хозяйства вносить на этих площадях удобрения. Поэтому на таких угодьях, в зависимости от их плотности загрязнения ^{137}Cs и ^{90}Sr , создаются как чисто злаковые, так и бобово-злаковые травостои.

В условиях республики основными видами бобовых трав при создании сеяных травостоев для интенсивного укосного использования на суходольных и низинных лугах с невысокой плотностью радиоактивного загрязнения ^{137}Cs – до 15 Ки/км² (555 кБк/м²); ^{90}Sr – до 0,50 Ки/км² (18,5 кБк/м²) являются клевер луговой, клевер гибридный, люцерна гибридная, лядвенец рогатый.

Клевер луговой наиболее подходит для включения в состав травосмесей на хорошо известкованных дерново-подзолистых почвах суходольных лугов и хорошо осушенных низинных лугов с дерново-глебоватыми почвами, а клевер гибридный подходит для сенокосов на более увлажненных дерново-глебовых почвах. Оптимальное содержание бобовых трав в составе бобово-злаковых травосмесей составляет 30–40 %, а злаковых – 60–70 %. При таком соотношении злаковых и бобовых трав травостои отличаются наибольшей стабильностью урожаев по годам использования.

Наилучшим составом бобово-злаковых травосмесей является перечень трав: клевер луговой, тимофеевка, овсяница луговая и кострец безостый. В таком травостое первые два года основу урожая составляют

клевер и тимофеевка, последующие 2–3 года – тимофеевка и овсяница луговая. В дальнейшем доминирующим компонентом становится кострец безостый, которому сопутствуют овсяница и тимофеевка. Включение в травосмесь овсяницы луговой увеличивает плотность травостоя в нижнем ярусе и препятствует появлению дикорастущих видов, увеличивает его продуктивность в годы с засушливым летом, повышает отавность и урожай во второй половине вегетации. Благодаря включению в травосмесь постепенно замещающих друг друга видов высокая продуктивность травостоя при повышенном уровне удобрения может сохраниться в течение 6–8 лет и более. На богатом агрофоне высокие урожаи в течение 5–8 лет обеспечивают даже простые трехкомпонентные травосмеси с тимофеевкой, овсяницей луговой и клевером луговым.

При интенсивном уровне удобрения и регулировании водного режима выравниваются агроэкологические условия даже на различных типах луговых местообитаний, что исключает необходимость большого ботанического разнообразия травостоев, упрощает их состав и сокращает количество включаемых в травосмеси видов.

Нормой высева травосмесей при сенокосно-пастбищном типе использования являются 25–30 кг/га при 100 %-ной всхожести семян. Как уже было выше отмечено, на высокой плотности радиоактивного загрязнения ^{137}Cs – более 15 Ки/км² (555 кБк/м²) и ^{90}Sr – более 0,50 Ки/км² (18,5 кБк/м²) при создании культурных лугов многоукосного использования можно рекомендовать формировать злаковые травостои, позволяющие получать корма с меньшим уровнем загрязнения ^{90}Sr , чем бобово-злаковые. С целью обеспечения клевера достаточным количеством питательных веществ необходимо под покровную или предшествующую ей культуру вносить органические и минеральные удобрения, а перед посевом и во все годы жизни применять подкормки макро- и микроудобрениями.

Одним из решающих условий получения высоких урожаев клеверного сена является известкование кислых почв. Изменения в почвенно-поглощающем комплексе, вызванные внесением доломитовой муки, извести и калийных удобрений, оказывают заметное влияние на продуктивность клевера лугового.

Клевер луговой хорошо растет на слабокислых почвах, поэтому он сильно реагирует на известкование. Известкование кислых почв в сочетании с внесением органических и минеральных удобрений повышает зимостойкость и морозостойкость клевера. Дозы извести определяют в зависимости от кислотности почвы: они колеблются от 3 до 10 т/га. В республике известкование более чем на 90 % осуществляется доломитовой мукой, содержащей кальций (28–30 % CaO)

и магний (18–20 % MgO). Внесение извести является эффективным приемом снижения поступления ^{137}Cs и ^{90}Sr из почвы в растения клевера: минимальное накопление радионуклидов отмечается при оптимальной реакции почвенной среды. Снижение кислотности с 4,9 до 6,8 способствует снижению перехода ^{137}Cs в урожай на 33 % (Богдевич И. М. и др., 2002).

В исследованиях не отмечено высокого радиологического эффекта известкования почв с реакцией среды, близкой к нейтральной, поэтому известкование таких почв носит характер поддерживающего и имеет низкую экономическую эффективность. Использование зеленой массы клевера лугового, выращенного на дерново-подзолистой супесчаной почве, среднеобеспеченной подвижными формами фосфора и калия, с плотностью загрязнения ^{90}Sr 1,0 Ки/км² (37 кБк/м²) на корм дойному стаду возможно только при рН_{KCl} почвы выше 5,7.

Внесение органических удобрений на дерново-подзолистых почвах увеличивает выход сена клевера на 15–20 ц/га. Клевер хорошо отзывается на навоз, торфо-навозные компосты, внесенные под покровную культуру. Навоз повышает урожай клеверного сена не только при внесении его под покровную, но и под предшествующую культуру. Высокие прибавки урожая сена от внесения навоза или других органических удобрений объясняются тем, что растения лучше обеспечены всеми элементами питания, включая и микроэлементы, улучшаются физические свойства почвы, повышается запас воды в ней, лучше развиваются микроорганизмы. В зависимости от уровня плодородия почвы и почвенно-климатических условий дозы внесения навоза колеблются от 20 до 40 т/га, как и на незагрязненных радионуклидами землях. Поэтому для поддержания бездефицитного баланса гумуса на загрязненных ^{137}Cs и ^{90}Sr землях следует применять рекомендуемые дозы органических удобрений.

Систематическое применение органических удобрений приводит к существенному улучшению агрохимических свойств почв, повышению содержания гумуса и уменьшению перехода радионуклидов в растения клевера.

Потребность клевера в азоте удовлетворяется благодаря деятельности клубеньковых бактерий, а фосфора и калия в почве часто не хватает, в то время как в период обильного кущения клевера в первый год жизни после уборки покровной культуры клевер нуждается в фосфоре и калии. В связи с этим высокие прибавки урожая сена получают от совместного внесения фосфорно-калийных удобрений — по обобщенным данным на 33 %.

Фосфорные и калийные удобрения способствуют накоплению сахаров в корневых шейках растений клевера, общего и белкового азота и тем самым уменьшают выпадение клевера во время зимовки. При этом повышается урожайность клевера и содержание протеина в сене. Совместное внесение фосфорных и калийных удобрений значительно увеличивает холодостойкость и урожай клевера. Внесение их в подкормку клевера уменьшает его повреждаемость личинками клубенькового долгоносика и клеверного семяеда, ускоряет наступление цветения и созревания семян на 7–12 дней. Подкормка фосфорными и калийными удобрениями обеспечивает получение высоких урожаев семян клевера благодаря лучшей осеменности головок и увеличению массы семян.

Клевер, подобно другим бобовым, выносит из почвы большое количество калия. Необходимость внесения повышенных доз (K_2O – 90–120 кг/га) вызвана еще и тем, что при известковании затрудняется усвоение калия, содержащегося в почве (таблица 4.24).

Таблица 4.24 – Влияние калийных удобрений на урожай зеленой массы клевера лугового в зависимости от величины обменной кислотности дерново-подзолистой супесчаной почвы

Вариант	Урожайность, т/га	Прибавка	
		т/га	к.ед. на 1 кг K_2O
рН 4,9; СаО 705 мг/кг; MgO 65 мг/кг			
P ₆₀ (контроль)	28,7	–	
P ₆₀ K ₆₀	36,4	7,7	27,0
P ₆₀ K ₁₂₀	42,5	13,8	24,2
P ₆₀ K ₁₈₀	50,7	22,0	25,7
рН 5,9; СаО 1180 мг/кг; MgO 240 мг/кг			
P ₆₀	31,5	–	
P ₆₀ K ₆₀	38,6	7,1	24,9
P ₆₀ K ₁₂₀	45,4	13,9	24,4
P ₆₀ K ₁₈₀	55,8	24,3	28,4
рН 6,8; СаО 1390 мг/кг; MgO 320 мг/кг			
P ₆₀	35,8	–	
P ₆₀ K ₆₀	42,6	6,8	23,8
P ₆₀ K ₁₂₀	49,4	13,6	23,8
P ₆₀ K ₁₈₀	58,9	23,1	27,0
НСР ₀₅	2,3		

Снижение поступления радионуклидов из почвы в растения наблюдается при внесении фосфорных удобрений, особенно на почвах с низким содержанием фосфатов. Фосфорные удобрения не только способствуют повышению урожая клевера, но и закрепляют ⁹⁰Sr за счет осаждения его фосфатами. Учитывая дефицит

фосфорных удобрений и их высокую стоимость, на загрязненных землях обеспечивается внесение минимума фосфорных удобрений, для сбалансированного питания культуры с учетом содержания подвижных фосфатов в почве.

Фосфорные и калийные удобрения для клевера обычно вносят под покровную культуру про запас (50–60 кг/га P_2O_5 и 60–80 кг/га K_2O). После уборки покровной культуры и перезимовки фосфорные и калийные удобрения можно не вносить, но если травы растут плохо, проводится подкормка (по 30–40 кг/га каждого элемента питания). На загрязненных же радионуклидами угодьях, для обеспечения получения клевера с минимальным содержанием радионуклидов, требуется внесение фосфорно-калийных удобрений в дозах не ниже суммы основной и дополнительной доз.

Из всех удобрений калийные удобрения оказывают наиболее сильное влияние на снижение поступления ^{137}Cs в растения клевера. Это обусловлено как антагонизмом катионов цезия и калия в почвенном растворе, так и значительной прибавкой урожая, особенно на бедных калием дерново-подзолистых песчаных и супесчаных почвах.

Максимальный эффект отмечен при взаимодействии известковых материалов и калийных удобрений, где переход ^{137}Cs в зеленую массу клевера лугового снижался до 2,7 раза по сравнению с контрольным вариантом. Увеличение концентрации в почве подвижных форм K_2O на 100 мг/кг в диапазоне от 50 до 250 мг/кг K_2O вызывает уменьшение накопления ^{137}Cs на 25–40 %. Наибольшая интенсивность снижения поступления цезия в растения клевера отмечается в диапазоне от 50 до 250 мг/кг K_2O . При увеличении содержания подвижного калия в почве выше 350 мг/кг K_2O темпы снижения поступления ^{137}Cs замедляются.

При переходе ^{90}Sr из почвы в растения клевера лугового основным фактором, снижающим переход радионуклида, является содержание обменного CaO в почве. Так, увеличение содержания CaO с 705 до 1180 мг/кг (pH_{KCl} 5,9) способствовало снижению накопления ^{90}Sr на 23 %, до 1390 мг/кг (pH_{KCl} 5,9) – на 37 %, до 2100 мг/кг – на 62 %. Внесение 180 кг/га калия на фоне P_{60} при pH_{KCl} 4,9 снижало содержание ^{90}Sr в зеленой массе только на 18 %, при pH_{KCl} 5,9 – на 20%, при pH_{KCl} 6,8 – на 22 %. Увеличение pH на единицу вызывает уменьшение накопления ^{90}Sr на 20–30 % (Богдевич И. М. и др., 2002).

Следовательно, применение калийных удобрений и известкование кислых почв являются эффективными и экономически оправданными

защитными мерами для снижения поступления ^{137}Cs и ^{90}Sr в растениеводческую продукцию, затраты на которые окупаются прибавкой урожая. На каждый внесенный килограмм калия (K_2O) можно получить дополнительно 23,8–28,4 к.ед. По мере повышения загрязнения почв радионуклидами потребность в дополнительных дозах калия увеличивается.

Также установлено, что внесение калийных удобрений при сбалансированном азотно-фосфорном питании приводит не только к существенному уменьшению поступления из почвы в растения ^{137}Cs , но и ^{90}Sr . Поэтому на загрязненных землях дозы калия должны быть дифференцированными в зависимости от типов почв и содержания в них обменного калия.

При внесении калийных удобрений предусмотрен приоритет почв с высокой плотностью загрязнения радионуклидами, где повышение обеспеченности почв калием должно идти более быстрыми темпами. Расчет основных и дополнительных доз калийных удобрений проводится путем умножения соответствующих площадей (по типу почв, содержанию подвижного калия в почве, плотности загрязнения) на нормативные дозы K_2O .

Для предотвращения избыточных доз калийных удобрений и ухудшения качества продукции введены ограничения: на почвах с высоким содержанием обменного калия (содержание K_2O более 300 мг/кг на минеральных почвах) предусматривается внесение минимальных основных доз калийных удобрений из расчета компенсации 50 % выноса калия с урожаем.

За счет применения перечисленных агрохимических контрмер ареал возделывания клевера лугового можно расширить практически в два раза, а нормативно-чистую продукцию, соответствующую РДУ-99, можно получать на почвах с плотностью загрязнения радионуклидами в два раза выше, чем без удобрений.

Азотные удобрения на посевах клевера вносят осторожно – с учетом погодных условий, обеспеченности фосфором и калием, ожидаемой урожайности. Большинство исследователей склонны к тому, чтобы не проводить подкормку клевера азотом, так как он способен с помощью клубеньковых бактерий обеспечить себя азотом (Шкель М. П. и др., 1989). На незагрязненных радионуклидами угодьях для получения хороших урожаев покровной зерновой культуры и клевера на дерново-подзолистых почвах следует вносить под покровную культуру одновременно с фосфорными и калийными удобрениями азот в дозе 60 кг/га.

В загрязненной радионуклидами зоне требуется аккуратное регулирование азотного питания растений, так как недостаток доступного азота в почве приводит к снижению урожая, а повышенные дозы азотных удобрений усиливают накопление радионуклидов в растениях.

Расчет доз азотных удобрений основывается на потребности в азоте растений для формирования планируемого урожая. Во избежание превышения доз азотных удобрений при подкормках озимых и яровых зерновых культур проводится почвенная и растительная диагностика.

Для оптимизации азотного питания растений предпочтительнее медленнодействующие удобрения. К ним относятся карбамид и сульфат аммония с добавками гуматов и других биологически активных компонентов. Выпускаются медленнодействующие удобрения Гродненским ПО «Азот» на основе совместных разработок Института почвоведения и агрохимии, Института проблем использования природных ресурсов и экологии и Белорусского государственного технологического университета. Их использование позволяет, во-первых, повысить на 20–40 % окупаемость удобрений прибавкой урожая, во-вторых, уменьшить содержание радионуклидов на 15–30 % и, в-третьих, снизить накопление нитратов в кормах. Выявлено, что при детальном применении новых форм азотных удобрений с добавками регуляторов роста растений и азотных медленнодействующих удобрений наблюдается увеличение урожаев трав по сравнению со стандартными формами.

При внесении медленнодействующих азотных удобрений с биологически активными добавками, а также и без них, наблюдается тенденция повышения в сене многолетних трав содержания общего азота и кальция. Уменьшается также соотношение между калием и кальцием, что положительно сказывается на качестве многолетних трав. Улучшаются кормовые качества сена многолетних трав за счет увеличения выхода переваримого протеина на 1,1–1,2 ц/га или на 25,6–27,9 % в зависимости от новых форм применяемого карбамида и на 0,9–1,7 ц/га или на 20,0–37,8 % от новой формы сульфата аммония по сравнению со стандартными их формами. Наблюдается тенденция снижения содержания нитратов в вариантах с использованием новых форм азотных удобрений (Пироговская Г. В., 2000).

Рекомендуется детальное (под первый и второй укосы трав) внесение карбамида с гуматсодержащими добавками и сульфата аммония с защитным покрытием, но возможно их одноразовое внесение (под первый укос трав), при этом их эффективность находится на уровне

стандартных форм азотных удобрений, внесенных дробно (под первый и второй укос трав).

Таким образом, применение новых форм азотных медленнодействующих удобрений с добавками биологически активных веществ на фосфорно-калийном фоне, на почвах разного гранулометрического состава и степени увлажнения, является одним из приемов повышения продуктивности многолетних трав, обеспечивающим получение экологически чистых кормов с пониженным содержанием нитратов и хорошим качеством (повышенным содержанием переваримого протеина, кальция, фосфора), отвечающим зоотехническим нормам кормления животных. Применение медленнодействующих удобрений в сельском хозяйстве особенно актуально также с позиций охраны окружающей среды, внесение их значительно снижает (на 20–45 % по сравнению со стандартными удобрениями) потери элементов питания растений (азота, калия, водорастворимого гумуса, кальция, магния), уменьшает загрязнение водных и питьевых ресурсов нитратными соединениями азота, хлор-, серосодержащими и органическими соединениями. Несмотря на то, что стоимость медленнодействующих удобрений на 7–18 % (в зависимости от формы удобрений) дороже стандартных, применение их рентабельно под основные сельскохозяйственные культуры и экономически, энергетически оправдано, так как окупается дополнительной прибавкой урожая. Наиболее эффективно их применение на почвах легкого гранулометрического состава. Использование медленнодействующих удобрений позволяет получать продукцию сельскохозяйственных культур, безопасную для здоровья человека и окружающей среды.

В системе агрохимических приемов по возделыванию кормовых культур в зоне радиоактивного загрязнения особую значимость приобретает применение микроэлементов. Клевер – культура, требовательная к почвенным условиям и чувствительная к недостатку многих микроэлементов в почве, в наибольшей степени таких, как кобальт, молибден, бор, марганец, цинк. На формирование 10 ц сена клевера лугового в первом укосе расходуется 0,25 г кобальта, 0,8–1,0 г молибдена, 15 г бора, 25 г марганца, 15–20 г цинка. Вынос питательных веществ на 10 ц сена второго укоса выше, чем первого (Богдевич И. М. и др., 2005). Потребность клевера в питательных веществах различается по периодам его роста и развития. Наиболее интенсивное усвоение микроэлементов происходит в фазах бутонизации и цветения.

Исследования по эффективности некорневых подкормок клевера лугового (сорт Витебчанин) проводили в экспериментальной базе

«Стреличево» Хойникского района Гомельской области на дерново-палево-подзолистой почве, развивающейся на рыхлых лессовидных супесях с горизонтом легкого суглинка на глубине 0,4–0,8 м. Плотность загрязнения почвы ^{137}Cs составляла 352–409 кБк/м², ^{90}Sr – 43–69 кБк/м². Агрохимические показатели пахотного слоя почвы: рН_{KCl} – 5,8–6,0, P₂O₅ – 270–300, K₂O – 255–300, Mo – 0,05–0,06, Co – 0,3–0,5 мг/кг почвы. Некорневые подкормки растений в начале фазы стеблевания проводили микроэлементами в дозах: Mo – 15; 30; 45; Co – 25; 50; 75 г/га (таблица 4.25). В качестве микроудобрений были использованы сернокислый кобальт, молибденовокислый аммоний. Уборка клевера проводилась в фазе цветения.

Таблица 4.25 – Технология применения микроэлементов под клевер луговой

Сроки и способы применения	Микро-элемент	Доза, д.в.	Микро-удобрения	Доза, ф. вес	Примечания
Производство травяных кормов					
Предпосевная обработка семян	Кобальт	50 г/т семян	Сульфат кобальта	250 г/т семян	Можно совмещать с протравителями и бактериальными препаратами
	Молибден	50 г/т семян	Молибдат амония	100 г/т семян	
Некорневая подкормка в фазе стеблевания	Марганец	50 г/га	Сульфат марганца	220 г/га	
	Цинк	100 г/га	Сульфат цинка	450 г/га	
Посевы семенников клевера					
Предпосевная обработка семян	Кобальт	50 г/т семян	Сульфат кобальта	250 г/т семян	Можно совмещать с протравителями и бактериальными препаратами
	Молибден	50 г/т семян	Молибдат амония	100 г/т семян	
Некорневая подкормка в фазе бутонизации	Марганец	50 г/га	Сульфат марганца	220 г/га	Можно совмещать с инсектицидами
	Бор	50 г/га	Борная к-та	300 г/га	

Результаты исследований показали, что удельная активность сена клевера составила 27 Бк/кг, что в 56 раз меньше РДУ в кормах для кормления молочного скота. Возделывание клевера лугового на почвах с уровнем загрязнения ^{90}Sr 43,0–69,0 кБк/м² не обеспечивает по-

лучение травяных кормов для производства цельного молока: средняя удельная активность сена клевера за годы исследований составила 496 Бк/кг ^{90}Sr , что почти в 2 раза выше значения РДУ 260 Бк/кг (таблица 4.26).

Установлены эффективные дозы микроэлементов при некорневой подкормке в фазу стеблевания клевера лугового в количестве 25 г кобальта и 30 г молибдена на га, обеспечившие снижение накопления радионуклида в 2,5 и 2,1 раза соответственно.

Фоновое содержание кобальта в сене находилось на уровне нижней пороговой концентрации его в кормах (0,1–0,25 мг/кг сухой массы). При некорневой подкормке кобальтом в дозе 25 г/га отмечалась тенденция к увеличению этого микроэлемента в сене клевера, а доза 50 г/га повышала содержание кобальта до оптимальной концентрации – 0,56 мг/кг (Рак М.В. и др., 2004).

Мероприятия по защите клевера от вредителей, болезней и сорняков на загрязненных ^{137}Cs и ^{90}Sr землях строятся на основе ассортимента средств защиты и регламентов их применения, разрешенных для применения в Республике Беларусь Республиканской государственной станцией защиты растений. Жесткие требования предъявляются к соблюдению норм расхода, срокам и кратности применения гербицидов. Поэтому во время обработок целесообразно совмещать технологические операции по защите растений с целью сокращения стоимости работ и времени пребывания работников в условиях повышенного радиационного фона.

Таблица 4.26 – Влияние микроэлементов на накопление ^{90}Sr в сене клевера (I укос)

Варианты опыта	Урожайность, ц/га	Плотность загрязнения ^{90}Sr , кБк/м ²	Удельная активность сена, Бк/кг	Коэффициенты перехода ^{90}Sr
P ₇₀ K ₉₀ -фон	46,6	43	496	11,5
Co ₂₅	51,2	69	320	4,64
Co ₅₀	51,1	53	465	8,77
Co ₇₅	58,9	47	435	9,25
Mo ₁₅	51,9	46	294	6,40
Mo ₃₀	49,9	62	344	5,50
Mo ₄₅	51,0	53	336	6,33
HCP ₀₅	4,6			

В год посева клевер может сильно засоряться, особенно при беспокровной культуре, как однолетними, так и многолетними сорными растениями. Преобладающими из них являются марь белая, ромашка

непахучая, редька дикая, пикульник обыкновенный, горцы, пырей ползучий, осот и бодяк полевой. В последующие годы в посевах присутствуют озимые, зимующие и многолетние сорняки: ромашка непахучая, осот полевой, бодяк полевой, подорожники, щавель, одуванчик, пырей ползучий, мятлик однолетний. В этой связи необходима систематическая борьба с сорняками в посевах, канавах, на обочинах дорог. Наиболее полное освобождение от сорняков достигается при сочетании агротехнического и химического методов. Эффективным способом уничтожения сорняков является использование гербицидов. Они позволяют очистить подпокровные посевы трав и уменьшить число междурядных обработок при беспокровном широкорядном посеве. В последующие годы кормовые посевы клевера лугового при создании плотного травостоя не нуждаются в специальных защитных мероприятиях от сорняков: достаточно лишь ранневесеннего боронования.

Выбор того или иного способа улучшения кормовых угодий определяется минимальными экономическими затратами и основываться на эффективности уменьшения потоков радионуклидов, поступающих к человеку и образующих дозу внутреннего облучения. Основным «дозообразующим» продуктом питания для населения, как известно, проживающего на загрязненной радионуклидами территории, было и остается в настоящее время коровье молоко. За счет его формируется около 60–80 % среднегодовой индивидуальной дозы внутреннего облучения человека (Жученко Ю.М., 1998).

Анализ и обобщение экспериментальных данных, полученных в многолетних стационарных опытах и производственных посевах показывает, что улучшение сенокосно-пастбищных угодий на минеральных почвах (внесение оптимальных доз органических, минеральных и известковых удобрений и подбор бобово-злаковых травосмесей) позволяет снижать поступление ^{137}Cs в корма (сено) в пределах 1,3–4,4 раза в зависимости от качества выполненных работ. Поверхностное улучшение кормовых угодий, предусматривающее внесение известковых и минеральных удобрений и подсев бобово-злаковых травосмесей в дернину обеспечивает снижение поступления этого радионуклида в корма до 3,5 раз (Богдевич И.М. и др., 2005).

Применение защитных мероприятий на кормовых угодьях считается целесообразным и экономически оправданным, если стоимость предотвращенной коллективной дозы на 1 чел. – Зв в результате их применения находится в пределах 10000–20000 ЕВРО (Богдевич И.М. и др., 2005).

В Республике Беларусь в конце 1990-х г. был осуществлен комплекс организационных и технологических мер по увеличению выхода белка в производимых кормах. Бобовые и бобово-злаковые травостой в многолетних травах на пашне были доведены до 66 %, на сенокосно-пастбищных угодьях – до 38 %. Вместе с тем наряду с существенным улучшением структуры кормовых угодий, крайне неблагоприятно сказались на обеспеченности фуража переваримым протеином всевозможные отклонения от технологических требований при заготовке кормов. Из-за низкой обеспеченности хозяйств кормоуборочной техникой, плохого ее состояния и предельного износа сроки уборки растягивались, как правило, на две-три недели, что в свою очередь приводило к большим потерям фуража и переваримого протеина. Практически до минимума снизились объемы заготовки кормов по прогрессивным технологиям: сена методом активного вентилирования, травяной резки, силоса с применением химических консервантов и азотсодержащих добавок, комбинированного силоса и травяной муки.

Анализ сортового состава клевера показал, что около половины посевов в республике было занято двумя раннеспелыми сортами (Слуцкий и Цудоўны). Другая половина занята несортовыми посевами или нерайонированными сортами. Между тем районированы новые, высокоурожайные сорта, такие как Долголетний и Витебчанин, которые по урожайности превосходят вышеуказанные сорта на 10–15 %, а несортовые посевы на 25–30 %. Государственные сортоиспытания проходят такие сорта, как Яскравы и Устойливы. Замена несортовых посевов и нерайонированных сортов на новые на площади 500 тыс. га позволит дополнительно получать около 30 тыс. т белка. Для снижения напряженности уборочных работ и потребности в кормоуборочной технике требуется внедрение в производство разносозревающих сортов клевера. Примерно 65–70 % должно быть представлено раннеспелыми формами (Цудоўны, Долголетний, Устойливы) и 30–35 % среднепоздними и позднеспелыми (Витебчанин, Яскравы, Минский). Оптимизация сортовой структуры значительно снижает потери урожая при уборке и увеличивает получение белка еще 20–30 тыс. т (Богдевич И. М. и др., 2005).

По данным статистических органов в сельскохозяйственных предприятиях республики сенокосы и пастбища занимают более одной трети всех сельскохозяйственных угодий (из них около 80 % улучшенные) и являются одним из главных источников кормового белка. Однако из-за недостаточного внесения минеральных удобрений продуктивность их не соответствует потребностям животноводства.

Так, в 2001–2003 гг. в 13 загрязненных районах Гомельской области находилось 60 % всех посевных площадей сельскохозяйственных предприятий области, из них 58 % составляли многолетние травы, из которых в среднем 65 % и 72 % – клевер и бобово-злаковые травосмеси.

Многолетние травы по всем районам области, в том числе и по загрязненным, составляли в 2002–2003 гг. 19–20 % от всех посевов, из них клевер и смеси – 33 % (2002 г.) и 23 % (2003 г.) в среднем по области и несколько выше (соответственно 37 % и 28 %) в загрязненных районах. Здесь доля клевера составила в 2003 году менее всего в Брагинском (6 %), Ельском (5 %), в Лельчицком, Наровлянском – 9–11 %, около половины – в Буда-Кошелевском (51 %), Добрушском (40 %), Рогачевском (48 %), Хойникском (57 %) районах (рисунок 4.4).

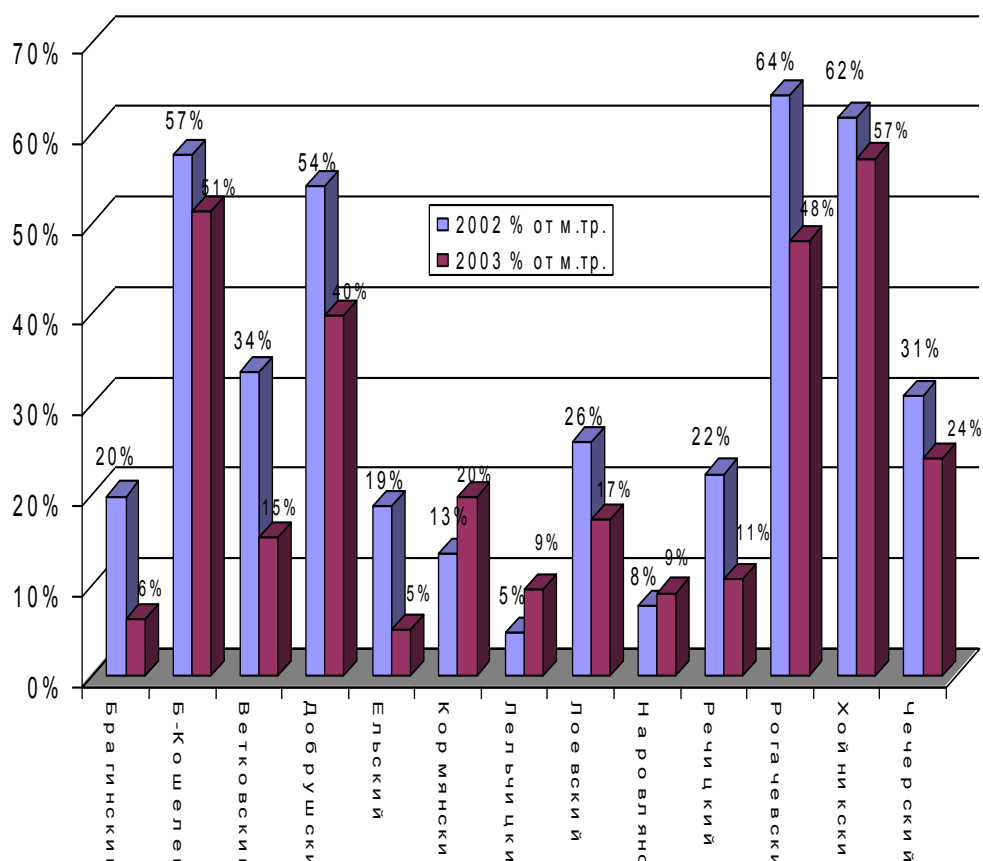


Рисунок 4.4. – Структура посевных площадей клевера и бобово-злаковых смесей в загрязненных районах Гомельской области

Уборочная площадь клевера на семена в Гомельской области составила 9318, 3006, 2768 га (2001, 2002, 2003 годы соответственно), причем в 13 загрязненных районах находилось 73–80 % от общей площади семенных посевов клевера. Средняя урожайность семян клевера по области варьировала в эти годы: 1,2; 0,5; 0,7 ц/га соответственно. Наблюдались значительные различия в показателях урожай-

ности: от минимальной 0,2 ц/га в Буда-Кошелевском и Лоевском (2002 год) до максимальной – 1,5 ц/га в Чечерском районах (2001 год).

Проведенный анализ указывал на необходимость совершенствования структуры посевных площадей с учетом высокой народнохозяйственной значимости клевера.

С учётом этого внедрение научных разработок по возделыванию клевера и злаково-бобовых травосмесей, а также «Рекомендаций по улучшению суходольных и низинных лугов, подвергшихся радиоактивному загрязнению» и «Рекомендаций по применению органических удобрений на загрязненных радионуклидами почвах» проведено в КСУП «Дубовый Лог» Добрушского района Гомельской области, специализирующемся на откорме крупного рогатого скота и производстве молока-сырья на переработку.

На основании научных данных и нормативной документации (картограммы плотности загрязнения угодий ^{137}Cs и ^{90}Sr , агрохимические паспорта полей) для производства кормов, отвечающих требованиям действующих РДУ, в 2004 году был подобран участок пастбища общей площадью 60 га на дерново-подзолистой глееватой супесчаной почве с плотностью загрязнения ^{137}Cs и ^{90}Sr 18,2 и 0,53 Ки/км².

На данном участке при перезалужении было внесено 40 т/га подстильного навоза, 8 т/га доломитовой муки (4/га под вспашку и 4 т/га под предпосевную культивацию), в дозе $\text{P}_{60}\text{K}_{120}$ кг/га д.в. фосфорно-калийные удобрения и высеяна злаково-бобовая травосмесь: овсяница луговая – 10 кг/га, тимофеевка луговая – 8 кг/га, мятлик луговой – 6 кг/га, клевер луговой – 3 кг/га и клевер ползучий – 3 кг/га.

При сравнительно высокой плотности загрязнения почвы участка радионуклидами применение защитных мероприятий, а также выполнение научно обоснованной технологии возделывания бобово-злаковых трав в 2004 г. позволили произвести 650 т сена (в среднем за два укоса 100–120 ц/га сена при 16 % стандартной влажности) с удельной активностью ^{137}Cs 530–850 Бк/кг и ^{90}Sr – 210–250 Бк/кг, которое можно использовать для получения молока цельного (Богдевич И. М. и др., 2005).

С целью прогнозирования радиоактивного загрязнения будущего урожая клевера получены коэффициенты перехода (пропорциональности) для разных видов кормов из клевера. Предельно допустимые плотности загрязнения почв, при которых урожай зеленой масс соответствует РДУ по содержанию ^{137}Cs , определяются

также с учётом данных коэффициентов пропорциональности (таблица 4.27).

Таблица 4.27 – Ограничения при возделывании клевера для производства молока цельного и мяса (заключительный откорм КРС) по содержанию ^{137}Cs

Продукция, культура	Дерново-подзолистые почвы, Ки/км ²		
	суглинистые	супесчаные	песчаные
Зеленая масса клевера	34*-40**	23–40	18–32
	40	34–40	26–40

Примечание:

* слабоокультуренные почвы при содержании K_2O менее 80 мг/кг почвы (Иок < 0,4);

** окультуренные почвы при оптимальных агрохимических свойствах почв (Иок 0,8–1,0).

При производстве кормов из клевера необходимо учитывать также ограничения по содержанию ^{90}Sr в дерново-подзолистых почвах, имеющих в распоряжении землевладельцев (таблица 4.28).

Таблица 4.28 – Ограничения при возделывании клевера для производства молока цельного и молока сырья по содержанию ^{90}Sr

Продукция, культура	Дерново-подзолистые почвы, Ки/км ²		
	суглинистые	супесчаные	песчаные
Молоко цельное			
Сено клевера	0,2*-0,5**	0,2–0,4	0,2–0,3
Молоко-сырье для переработки на сливочное масло			
Сено клевера	1,0–2,3	0,9–1,4	0,8–1,1

Примечание:

* – слабоокультуренные почвы с рН менее 4,5 (Иок < 0,4);

** – окультуренные почвы при оптимальных показателях кислотности (Иок 0,8-1,0).

При выращивании зеленой массы клевера лугового для кормления молочных коров и производства *молока-сырья для переработки на масло* установлены ограничения только по ^{90}Sr , в то время как по ^{137}Cs клевер с этой целью можно возделывать практически на всей территории, где ведется сельское хозяйство.

В технологии возделывания клевера одновременно с плотностью радиоактивного загрязнения учитывается пригодность почв по гранулометрическому составу и увлажнению (таблица 4.29).

Степень пригодности почв установлена по отношению возможного уровня загрязнения продукции к предельно допустимому

(по РДУ-99). Шкала позволяет определять пригодность конкретной почвы для возделывания клевера при определенном уровне загрязнения и формировать на этой основе оптимальную структуру посевных площадей, позволяющую получать нормативно чистую продукцию (Смеян Н. И. и др., 2004).

Таблица 4.29 – Сравнительная пригодность основных групп почв, загрязненных сельхозугодий Беларуси для возделывания клевера

Агрогруппы почв	Градации плотности загрязнения, Ки/км ²		Степень пригодности*	
	¹³⁷ Cs	⁹⁰ Sr	¹³⁷ Cs	⁹⁰ Sr
Дерново-карбонатные	0–1	0–0,15	3	3
	1–5	0,15–0,30	3	2
	5–15	0,31–1,00	2	1
	15–40	1,00–2,99	0	0
Дерново-подзолистые высококультурные средне- и легкосуглинистые мощные или подстилаемые песком глубже 1 м; высококультурные супесчаные, подстилаемые плотными породами глубже 0,5 м	0–1	0–0,15	3	3
	1–5	0,15–0,30	3–2	2–1
	5–15	0,31–2,99	2–1	0
	15–40		0	0
Дерново-подзолистые низкокультурные суглинистые, подстилаемые песками с глубины 0,5 м; среднекультурные супесчаные, подстилаемые около 1 м плотными породами и песчаные, подстилаемые плотными породами с 0,5 м	0–1	0–0,15	2	
	1–5	0,15–2,99	1	1
	5–40		0	0
Дерново-подзолистые низкокультурные супесчаные и песчаные, подстилаемые песками автоморфные и слабоглееватые	0–40	0–2,99	0	0
Дерново-подзолистые слабоглееватые суглинистые и супесчаные, подстилаемые с 0,5 м плотными породами осушенные	0–1	0–0,15	3	3
	1–5	0,15–0,30	2	2–1
	5–15	0,31–2,99	1	0
	15–40		0	0
Дерново-подзолистые слабоглееватые суглинистые и супесчаные, подстилаемые с 0,5 м плотными породами неосушенные	0–1	0–0,15	2	1
	1–5	0,15–2,99	1	0
	5–40		0	0
Дерново-подзолистые глееватые и глеевые суглинистые и супесчаные почвы, подстилаемые плотными породами осушенные	0–1	0–0,15	1	1
	1–5	0,15–2,99	1	0
	15–40		0	0

Продолжение таблицы 4.29				
Дерново-подзолистые глееватые и глеевые почвы на супесях, подстилаемых песками и песках осушенные и неосушенные	0–40	0–2,99	0	0
Дерново-глеевые осушенные и неосушенные	0–40	0–2,99	0	0
Торфяно-болотные осушенные и неосушенные	0–40	0–2,99	0	0

Примечание:

* 3 – наиболее пригодные; 2 – пригодные, 1 – малопригодные; 0 – непригодные.

Радиоактивное загрязнение требует применения интенсивных технологий возделывания клевера лугового, строгое соблюдение которых способствуют повышению урожайности культуры, плодородия почв и снижению накопления радионуклидов в кормах.

4.3. Возделывание лядвенца рогатого и галеги восточной

В соответствии с рекомендациями РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» посевы бобовых трав в чистом виде при возделывании многолетних трав на пашне должны занимать более 60 %, бобово-злаковых травостоев – 40 % площади многолетних трав (Кадыров М.А., 2004). В 2008 году в Гомельской области многолетними травами было занято 108,9 тыс. га угодий, из них 24 % от общей площади – многолетними бобовыми травами. Самой распространенной из многолетних бобовых трав в Республике Беларусь является клевер луговой, площади которого в Гомельской области в 2008 году составили 24000 га, люцерны – 4900 га, в то время как площади клевера гибридного и ползучего – 340 и 260 га, а галеги восточной – 530 га, донника белого – 150 га, лядвенца рогатого – 80 га.

Вместе с тем нетрадиционные бобовые культуры лядвенец рогатый и галега восточная обладают рядом ценных хозяйственных признаков. Галега восточная имеет высокую кормовую продуктивность, 570–750 ц/га, благодаря раннему отрастанию весной и быстрому росту. Лядвенец рогатый – лучшая кормовая культура, дополняющая клевер луговой. Корма из галеги и лядвенца имеют высокую питательную ценность: в 100 кг зеленой массы галеги содержится 20–28 к.ед и 3,0–3,5 кг переваримого протеина, лядвенца – 23,4–25,7 кг к.ед. и 3,8–4,5 кг пере-

варимого протеина, высокое содержание витаминов. Кормовые уголья, на которых возделываются галега и лядвенец, отличаются длительным использованием (до 12–15 лет) без применения азотных удобрений. Себестоимость кормовой единицы сена из галеги на 37 % ниже, чем сена из других многолетних трав, и на 21 % ниже, чем сена культурных сенокосов (Гусаков В. Г., 2005).

Относительно высокие уровни накопления ^{90}Sr в урожае бобовых культур ограничивают возможность их использования для производства кормов в зоне радиоактивного загрязнения. В связи с этим в первые годы после катастрофы на Чернобыльской АЭС из севооборотов были выведены люпин, горох, люцерна, клевер, вика и другие бобовые культуры, что негативно отразилось на состоянии кормовой базы животноводства. При создании и обновлении бобовых и бобово-злаковых агроценозов в зоне радиоактивного загрязнения важен подбор культур, обеспечивающих высокую урожайность, устойчивость к выпадению бобовых трав в травосмесях и в меньшей степени накапливающих радионуклиды.

В данном разделе представлены результаты исследований перспективных бобовых культур лядвенца рогатого и галеги восточной по полученной урожайности, накоплению радионуклидов, экономической эффективности возделывания в сравнении с клевером. Каждая культура имеет свою историю освоения, биологические особенности и хозяйственное значение культур, которые учитываются при их возделывании.

Освоение *галеги восточной (козлятника восточного)* (*Galega orientalis Lam.*) как кормового растения началось в Европе в конце XVIII века (Вавилов П.П., 1982). Культура представляет практический интерес в земледелии, кормопроизводстве, пчеловодстве, народной медицине. Растение галеги имеет мощную стержневую корневую систему (до 60–70 см) и ежегодно возобновляется за счет 3–4 зимующих почек в подземной части стеблей и корневых отпрысков, на которых в благоприятных условиях насчитывается до 1500 клубеньков. Надземная часть растения представлена большим числом стеблей, формирующих травянистый куст со множеством крупных листьев, что определяет высокую требовательность растения к свету, особенно на начальных этапах вегетации. Культура отрицательно реагирует на засоренность посевов при беспокровном выращивании. Требования галеги к влагообеспеченности почвы на протяжении вегетации различны. Более всего она нуждается во влаге во время прорастания семян, имеющих трудно проницаемую для воды оболочку. Весьма чувствительны к недостатку влаги растения первого года жизни, особенно

в период всходов и в стадии формирования корневой системы. В последующие годы посевы галеги восточной в период формирования первого укоса не испытывают дефицита влаги, так как продуктивно используют осенние и зимние запасы влаги и ранневесенние осадки. Галега удовлетворительно переносит кратковременные засухи. Избыточного увлажнения не выносит, но устойчива к кратковременному затоплению. Культура холодостойкая и морозоустойчивая: способна переносить заморозки до -25°C , а при достаточном снежном покрове – и до -40°C . Благодаря интенсивному росту к первому году пользования (второй год жизни) и в дальнейшем конкурентная способность галеги по сравнению с сорняками и другими культурными растениями в смешанных посевах повышается. Полноценный урожай галеги формируется ко второму году пользования. В отличие от традиционных многолетних бобовых трав травостой галеги не изреживается.

За вегетационный период галега формирует от 550 до 700 ц/га и более зеленой массы общей питательностью 100–150 ц к. ед. и 12–20 ц переваримого протеина (Вавилов П. П., 1982). Зеленая масса галеги используется на подкормку, является хорошим сырьем для приготовления силоса, сенажа, сена, травяной муки, белково-витаминного концентрата для всех видов сельскохозяйственных животных и домашней птицы. По содержанию белка, углеводов, минеральных элементов, витаминов и каротина, аминокислот галега не уступает клеверу и люцерне.

Максимальное накопление питательных веществ отмечено в начале фазы бутонизации. В этот период в сухом веществе зеленой массы содержится 23–27 % сырого протеина, 10 % золы, 2,4–2,6 % сырого жира, 0,40–0,47 % фосфора, 3,4–4,1 % калия, 7–11 % сахаров, 19,0–20,5 % аминокислот, 183–200 мг каротина в кг сухого вещества, 30–39 мг аскорбиновой кислоты в кг сырого вещества. Травяная мука из галеги восточной по энергетической и протеиновой питательности приближается к концентратам, а по биологической ценности превосходит их. Включение ее в рацион дойных коров позволяет повышать их продуктивность: удой молока увеличивается на 13 %, а жирность его – на 0,2–0,23 % (Андреев Н. Г., 1989).

Благодаря интенсивному раннему отрастанию и хорошей отавности, длительному периоду вегетации и высокой питательной ценности, галега может широко использоваться в системе зеленого конвейера, что позволяет организовать весной заготовку высококачественного зеленого корма на 2–3 недели раньше, чем для традиционных многолетних бобовых трав. С галеги можно начинать зеленый кон-

вейер и ею завершать его. Уже к середине мая галега восточная отрастает на высоту 40–50 см (клевер луговой – 15–17 см) и вегетирует до середины октября при сохранении питательной ценности корма. Посевами галеги восточной можно успешно пользоваться до 10 и более лет без существенного снижения урожайности зеленой массы и семян.

При работе с культурой необходимо учитывать её некоторые недостатки. В надземной части растения содержится алкалоид галегин, придающий зеленому корму горьковатый вкус и разлагающийся при скашивании травостоя, поэтому для кормления животных рекомендуется провяленная трава, которая охотно ими поедается. Содержание галегина меняется по фазам развития, в связи с этим уборку галеги на зеленый корм и травяную муку целесообразно проводить в фазе полной бутонизации.

У галеги восточной сохранились признаки, характерные для дикорастущих растений, которые играют положительную роль при произрастании в диком виде, а при возделывании ее в культуре являются отрицательными. Это такие свойства как твердосемянность, достигающая более 50 %, содержание в зеленой массе галегина, медленный рост и развитие растений в год посева, высокая чувствительность к отрицательным температурам в весенний и раннелетний период, повышенные требования к плодородию почвы: аэрации, содержанию гумуса, тепловому режиму, потребность в инокуляции семян клубеньковыми бактериями перед посевом (Кшникаткина А. Н., 2001). Негативные особенности культуры устраняются селекционными методами, с помощью которых создан новый генофонд культуры с генотипической и фенотипической изменчивостью. Результатом селекционной работы являются районированные в республике сорта галеги восточной отечественной селекции Полесская и Нестерка. Выведен скороспелый, холодостойкий сорт Садружнасць, пригодный для возделывания на зеленую массу и семена (Бушуева В. И. и др., 2004).

Наряду с более новыми сортами с 1982 года и до настоящего времени возделывается исходный селекционный сорт галеги восточной Гале. Зимостойкий и засухоустойчивый сорт Гале выведен из естественной популяции. Формирует два-три укоса. Сорт отличается долголетием, ржавчиной поражается слабо, подвергается механизированной уборке и дает высокие урожаи. Урожайность зеленой массы – 550–700 ц/га, сухого вещества – до 96 ц/га, семян – 2–6 ц/га, содержание белка – до 22 % (Антонова М. М., 1971).

Сорта галеги восточной отечественной селекции Полесская и Нестерка включены в Государственный реестр сортов Республики

Беларусь с 2006 года. Ценными качествами этих сортов является высокая энергия побегообразования, отличная отавность. Сорт Полеская выведен в Полесском филиале РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» методом массового отбора наиболее урожайных и устойчивых биотипов сорта Гале. От исходного сорта отличается более высокой продуктивностью, лучше адаптирован к почвенно-климатическим условиям республики. Сорт Нестерка скороспелый, период вегетации 85–100 дней, зимостойкий, устойчив к засухе и кратковременному затоплению, не поражается болезнями. Дает два-три укоса зеленой массы за вегетационный период с урожайностью 550–850 ц/га и более, семян – 2–8 ц/га, сухого вещества – 150–165 ц/га.

Лядвенец рогатый (Lotus corniculatus L.) как кормовую культуру начали выращивать в Европе еще в 30-е годы прошлого столетия. В природно-климатических условиях Беларуси особенности и условия возделывания культуры начали изучать с 60-х годов в БГСХА на окультуренных суходольных пастбищах (Стрелков В. Г., 1975; Пикун П. Т., 1984).

Растения лядвенца рогатого имеют мощную сильно разветвляющуюся стержневую корневую систему, проникающую в почву на глубину до 170 см. По всей длине корня расположено множество клубеньков диаметром 1–3 мм. Стебли у лядвенца длиной до 150 см, тонкие, ветвящиеся, хорошо облиственные, образующие полуразвалистый куст. Лядвенец – засухоустойчивая культура, лучше всего он растет и развивается при влажности почвы 60–70 % от полной влагоемкости. Выдерживает весеннее затопление до 35–50 дней. Зиму переносит относительно легко. Всходы лядвенца при благоприятных условиях появляются на 8–13 день после посева. На второй год жизни лядвенец начинает отрастать очень рано, в середине апреля – начале мая, при температуре воздуха выше +8 °С, обладает хорошей отавностью. Лядвенец рогатый быстро растет и развивается, давая устойчивые урожаи зеленой массы и семян при условии, что он в достаточной степени обеспечен светом, теплом, влагой и питательными веществами. К недостаткам культуры относятся слабый рост в начальный период жизни и неустойчивая семенная продуктивность (Стрелков В. Г., 1975).

За период вегетации лядвенец рогатый дает два-три укоса и почти не изреживается в течение 5–6 лет. Средняя урожайность культуры за два укоса составляет 390–450 ц/га зеленой массы. По химическому составу и питательности лядвенец относится к лучшим кормовым травам. Содержание протеина в нем колеблется от 16 до 22 %, жира – от 1,5 до 3,9 %, клетчатки – 20–26 %, безазотистых экстрактивных

веществ – 37–46 % на абсолютно сухое вещество. Зеленая масса лядвенца рогатого не вызывает у животных тимпаний и метеоризма, не приводит к избыточному ожирению, однако без привычки плохо поедается скотом вследствие горьковатого вкуса красящего вещества цветков, исчезающего в сене и силосе. Молоко коров, потребляющих сено лядвенца рогатого, содержит много витаминов А и Е. Солома после уборки на семена также отличается высокими кормовыми качествами. В республике с 1965 года районирован сорт Московский-25. В государственной комиссии по испытанию сортов находится более продуктивный сорт Мозырянин (урожайность 333–536 ц/га), созданный отечественными селекционерами из высокоурожайного, зимостойкого и устойчивого к вытаптыванию сорта Гельсвис.

Использование биологического азота, фиксируемого лядвенцем рогатым и галегой восточной, оказывается наиболее эффективным при возделывании их в составе бобово-злаковых травосмесей. В урожае зеленой массы травосмесей доля бобовых культур зависит от комплекса факторов: биологических особенностей злаковых культур, возраста травостоя, обеспеченности влагой и теплом. В смешанных посевах со злаковыми травами галега восточная обладает высокой конкурентной способностью, поэтому доля ее в травосмесях в течение первых трех лет пользования достигает 60–70 % и отличается незначительными колебаниями в разные годы. Лядвенец рогатый менее конкурентоспособен, поэтому в его посевах сравнительно свободно могут расти другие травы. Максимальное содержание лядвенца в травосмесях со злаковыми травами 50 %, наблюдается в первый год пользования, постепенно снижаясь до 20–30 % к третьему году.

Требования культур к почвам, предшественникам, выбору участка, обработке почвы, подготовке семян к посеву, уходу за посевами, уборке на корм, особенности семеноводства галеги восточной и лядвенца рогатого имеются в отраслевых регламентах по возделыванию культур.

Что касается производственного опыта возделывания галеги восточной и лядвенца рогатого, следует отметить, что в сельскохозяйственных организациях республики уже имеется опыт возделывания галеги и лядвенца для производства семян, зеленой массы, силоса, сенажа, сена. На загрязненных радионуклидами землях Гомельской области галега восточная возделывается в ряде хозяйств 8 районов: в Брагинском, Буда-Кошелевском, Ветковском, Добрушском, Лоевском, Речицком, Хойникском, Чечерском, лядвенец рогатый – в Брагинском, Ветковском, Лоевском, Мозырском районах. Результаты производственных опытов по возделыванию галеги восточной на торфяно-

болотных почвах, проводимые в СПК «Прогресс» Светлогорского района сотрудниками РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию», показали, что на таких почвах культура успешно произрастает, обеспечивая высокую урожайность (550–600 ц/га) и выход 130–140 ц/га к.ед.

На небольших площадях возделывания культур на зеленый корм они не дают значительного вклада в кормовую базу хозяйств. Однако, по мнению ученых и агрономов, в течение нескольких лет возделывающих галегу восточную и лядвенец рогатый, культуры являются перспективными для производства кормов наряду с традиционными бобовыми травами при учете их биологических особенностей и соблюдении требований к технологии их возделывания. В настоящее время имеется дефицит семян лядвенца рогатого. Одной из основных трудностей при возделывании галеги восточной является медленный рост и развитие культуры в год посева из-за негативного влияния сорной растительности, недостатка влаги и азотного питания до образования клубеньков, отсутствия в почве необходимых бактерий. В посевах лядвенца рогатого в первый год жизни интенсивно развиваются сорняки. При кормлении животных зелеными кормами из галеги и лядвенца требуется время для их привыкания к новому корму.

Как установлено в исследованиях, накопление ^{137}Cs и ^{90}Sr растениями зависит от плотности радиоактивного загрязнения почвы, ее типа, гранулометрического состава, агрохимических и других свойств, а также биологических особенностей культур (Алексахин Р. М., 1992). Минимальное накопление радионуклидов в урожае отмечается при оптимальном уровне реакции почвенной среды и степени насыщенности основаниями, обеспечивающими максимально возможную урожайность соответствующих культур. Наибольшая продуктивность многолетних злаковых и бобовых трав наблюдается при обеспеченности дерново-подзолистых почв подвижным калием 200–250 мг/кг и фосфором 150–250 мг/кг, при содержании гумуса 1,8–3,0 % и реакции почвенной среды в оптимальном для культур диапазоне pH_{KCl} : для галеги восточной – 5,8–6,5, лядвенца рогатого – 5,5–6,0 (Гусаков В. Г. и др., 2005).

Данные удельной активности радионуклидов в сене многолетних трав и травосмесей на дерново-подзолистых супесчаных почвах с оптимальными для культур агрохимическими показателями плодородия почв с плотностью загрязнения ^{137}Cs 15 Ки/км² (555 Бк/м²) и ^{90}Sr 1,0 Ки/км² (37 кБк/м²), полученные в полевом эксперименте и в производственных посевах, представлены в таблице 4.30. При одинаковой плотности загрязнения почвы удельная активность ^{137}Cs

в сене многолетних злаковых трав, в частности, костреца безостого, в 2,5 раза ниже, чем в сене галеги восточной, и в 6,7 раза ниже, чем в сене лядвенца рогатого. Для люцерны посевной, клевера красного средние данные удельной активности ^{137}Cs (111 Бк/кг и 178 Бк/кг соответственно) при такой же плотности загрязнения почвы выше, чем для галеги восточной (83 Бк/кг) и ниже, чем для лядвенца рогатого (222 Бк/кг) (Ласько Т. В. и др., 2008). Следовательно, галега восточная характеризуется относительно низким накоплением ^{137}Cs , а накопление ^{137}Cs в травосмесях на основе лядвенца и галеги в 2–3 раза ниже, чем в бобовых культурах в чистом виде.

Таблица 4.30 – Удельная активность ^{137}Cs и ^{90}Sr в сене многолетних трав и травосмесей на дерново-подзолистых супесчаных почвах

Культура, травосмесь	Удельная активность в сене, Бк/кг, при плотности загрязнения почвы	
	^{137}Cs 15 Ки/км ² (555 Бк/м ²)	^{90}Sr 1,0 Ки/км ² (37 кБк/м ²)
Кострец безостый	33	85
Лядвенец рогатый	222	195
Галега восточная	83	503
Лядвенец рогатый+кострец безостый	67	155
Галега восточная+ кострец безостый	39	389
РДУ (сено)		
для цельного молока	1300	260
для молока-сырья для переработки	1850	1300
для мяса, заключительный откорм	1300	не нормируется

Бобовые травы по возрастанию накопления ^{137}Cs образуют следующий ряд: галега восточная → люцерна посевная → клевер луговой → лядвенец рогатый.

Удельная активность ^{90}Sr в сене галеги восточной в чистом виде и в травосмеси галеги восточной с кострецом безостым при высокой плотности загрязнения почвы ^{90}Sr будет превышать допустимые уровни в кормах для производства цельного молока, достигая 500 Бк/кг и более в сене галеги и 389 Бк/кг в травосмеси галеги с кострецом при 1,0 Ки/км² (37 кБк/м²), в то время как накопление радионуклидов многолетними злаковыми травами значительно ниже – 85 Бк/кг для сена костреца безостого.

Удельная активность ^{90}Sr в сене галеги восточной (503 Бк/кг) и люцерны посевной (440 Бк/кг) при плотности загрязнения

1,0 Ки/км² (37 кБк/м²) имеет близкие значения, несколько выше она в клевере (621 Бк/кг), а у лядвенца (155 Бк/кг) – в 2,3–2,5 раза ниже, чем у других бобовых культур, что позволяет использовать галегу восточную и лядвенец рогатый, люцерну посевную вместо клевера для производства кормов на более загрязненных радионуклидом участках сельскохозяйственных земель. Бобово-злаковые травосмеси на основе галеги восточной и лядвенца рогатого накапливают ⁹⁰Sr в 1,3 раза меньше радионуклида, чем культуры в чистом виде, так как злаковый компонент травосмеси отличается более низкой степенью накопления ⁹⁰Sr (Ласько Т. В. и др., 2008).

По возрастанию накопления ⁹⁰Sr ряд бобовых культур выглядит следующим образом: лядвенец рогатый → люцерна посевная → галега восточная → клевер луговой.

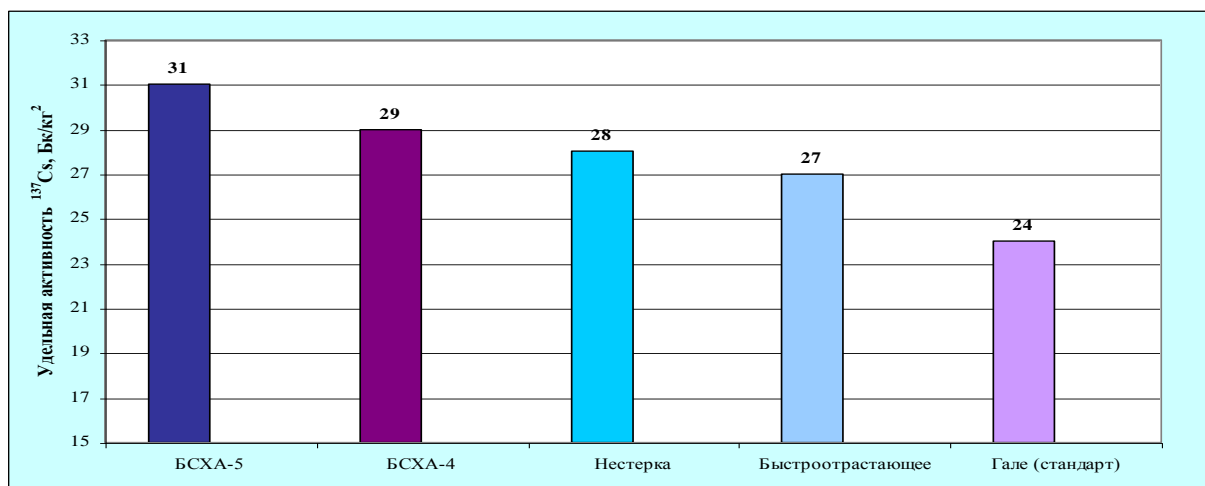
В Белорусской государственной сельскохозяйственной академии изучено накопление радионуклидов сортообразцами галеги восточной, созданными БГСХА, и районированными сортами культуры Гале и Нестерка на дерново-подзолистой супесчаной почве с плотностью загрязнения ¹³⁷Cs 5,5 Ки/км², ⁹⁰Sr 0,22 Ки/км². Показано, что переход ¹³⁷Cs из дерново-подзолистой почвы в зеленую массу сортообразцов и сортов галеги восточной варьирует незначительно (от 24 до 31 Бк/кг) (рисунок 4.5).

Наименьшим из объектов исследования накоплением ¹³⁷Cs отличался сорт Гале. Согласно данным прогнозов сотрудников РНИУП «Институт радиологии», удельная активность ¹³⁷Cs в зеленой массе при плотности загрязнения 5,5 Ки/км² может составлять около 10 Бк/кг, а при плотности загрязнения ¹³⁷Cs 40 Ки/км², до которой разрешено ведение хозяйственной деятельности, – 75 Бк/кг, что ниже допустимых уровней содержания ¹³⁷Cs в зеленой массе для производства цельного молока – 165 Бк/кг, для заключительного откорма КРС при производстве мяса – 240 Бк/кг, молока-сырья – 600 Бк/кг.

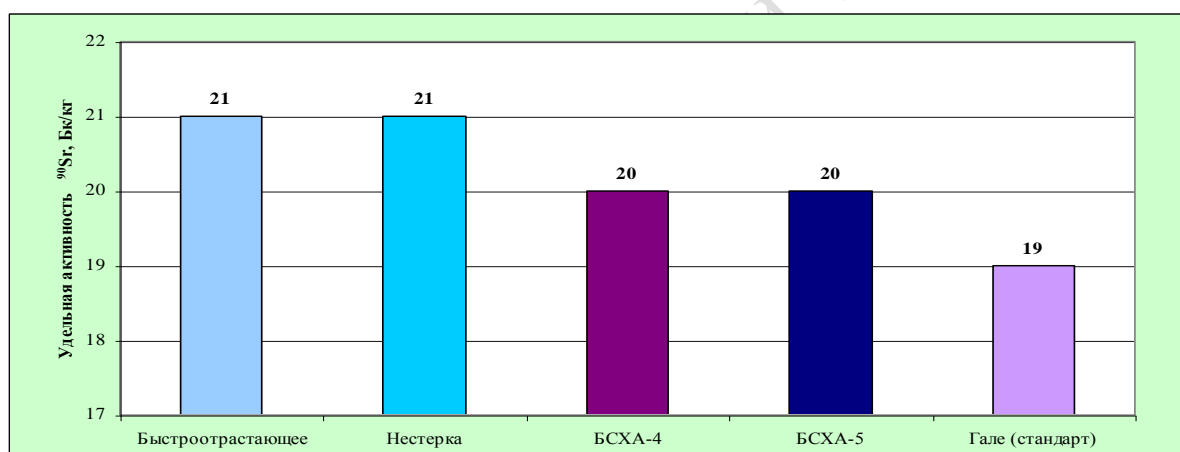
При плотности загрязнения почвы ⁹⁰Sr 0,22 Ки/км² удельная активность радионуклида в зеленой массе сорта Гале (19 Бк/кг) оказалась в 1,2 раза выше, чем для сортообразца Быстроотрастающее (21 Бк/кг). При плотности загрязнения почвы ⁹⁰Sr более 0,40–0,50 Ки/км² может наблюдаться превышение допустимых уровней содержания ⁹⁰Sr в сене для получения цельного молока.

Для возделывания галеги восточной наиболее пригодны дерново-карбонатные, развивающиеся на любых породах, и дерново-подзолистые супесчаные, связносупесчаные, а также средние и легкосуглинистые, подстилаемые моренным суглинком почвы. Культура хорошо развивается и на окультуренных торфяно-болотных почвах, пойменных землях

с кратковременным затоплением. Лядвенец можно возделывать на дерново-подзолистых почвах песчаного, супесчаного и суглинистого гранулометрического состава, торфяно-болотных почвах.



а)



б)

Рисунок 4.5. – Удельная активность радионуклидов в зеленой массе сортообразцов и сортов галеги а) ^{137}Cs ; б) ^{90}Sr

В зависимости от типа и гранулометрического состава почвы растения в различной степени накапливают радионуклиды. Накопление ^{137}Cs зеленой массой многолетних трав на торфяно-болотных почвах с оптимальными для их возделывания показателями плодородия в 2–3 и более раз выше, чем на высококультурных дерново-подзолистых почвах. Накопление ^{137}Cs растениями на торфяно-болотных почвах зависит как от агрохимических показателей плодородия почвы, так и от мощности торфяного слоя, степени его минерализации. С уменьшением мощности торфяного слоя и увеличением степени его минерализации переход ^{137}Cs в травы уменьшается (Агеец В.Ю., 2001; Сузько О. В. и др., 2006).

По степени уменьшения накопления ^{137}Cs растениями почвы образуют следующий ряд: торфяно-болотные → дерново-подзолистые песчаные → дерново-подзолистые супесчаные → дерново-подзолистые суглинистые. Так, слабокультуренные дерново-подзолистые песчаные почвы характеризуются максимальным накоплением ^{137}Cs , однако переход радионуклида из них в растения меньше, чем из торфяно-болотных почв.

По степени уменьшения накопления ^{90}Sr растениями ряд почв выглядит следующим образом: дерново-подзолистые песчаные → торфяно-болотные → дерново-подзолистые супесчаные → дерново-подзолистые суглинистые. Параметры перехода ^{90}Sr на торфяно-болотных и дерново-подзолистых супесчаных почвах отличаются незначительно. Удельная активность кормов на супесчаных почвах при одинаковой плотности загрязнения ^{137}Cs и ^{90}Sr в среднем в 1,3–1,5 раза ниже, чем на песчаных почвах, и в 1,2–1,5 раза выше, чем на суглинистых почвах (Богdevич И. М. и др., 2003).

На основании показателей Кп на разных типах почв спрогнозировано поступление ^{137}Cs и ^{90}Sr в звене почва – сено галеги восточной и лядвенца рогатого (таблица 4.31).

Таблица 4.31 – Удельная активность ^{137}Cs и ^{90}Sr в сене галеги восточной и лядвенца рогатого на почвах разного типа и гранулометрического состава

Культура, травосмесь (сено)	Удельная активность, Бк/кг			
	Торфяно-болотная	Дерново-подзолистая		
		песчаная	супесчаная	суглинистая
^{137}Cs при плотности загрязнения почвы 15 Ки/км ² (555 Бк/м ²) РДУ (сено) для цельного молока 1300, молока-сырья 1850, мяса, заключительный откорм 1300				
Лядвенец рогатый	440	330	222	150
Галега восточная	160	125	83	55
^{90}Sr при плотности загрязнения почвы 1,0 Ки/км ² (37 кБк/м ²) РДУ (сено) для цельного молока 260, молока-сырья 1300				
Лядвенец рогатый	190	290	195	130
Галега восточная	500	750	503	335

Средние значения параметров перехода (Кп) ^{90}Sr для галеги восточной сорта Полесская и лядвенца рогатого сорта Мозырянин по грациям рН_{КСI} получены как в полевом эксперименте, так и в про-

изводственных посевах для полноценного травостоя первого укоса (первый-третий год пользования) (таблица 4.32).

Таблица 4.32 – Коэффициенты перехода ^{90}Sr для галеги восточной и лядвенца рогатого на дерново-подзолистых супесчаных почвах в зависимости от реакции почвенной среды

Культура	Обменная кислотность, рН _{KCl}				
	4,6–5,0	5,1–5,5	5,6–6,0	6,1–7,0	>7,0
<i>Сено (влажность 16 %)</i>					
Лядвенец рогатый	8,31	5,79	5,28	4,90	3,08
Галега восточная	18,49	16,20	13,59	9,48	5,28
<i>Сенаж (влажность 55 %)</i>					
Лядвенец рогатый	4,44	3,10	2,82	2,62	1,65
Галега восточная	9,89	8,66	7,27	5,07	2,82
<i>Силос (влажность 75 %)</i>					
Лядвенец рогатый	2,47	1,72	1,57	1,46	0,92
Галега восточная	5,50	4,82	4,04	2,82	1,57
<i>Зеленая масса (влажность 82 %)</i>					
Лядвенец рогатый	1,78	1,24	1,13	1,05	0,66
Галега восточная	3,96	3,47	2,91	2,03	1,13

Были установлены показатели миграции ^{90}Sr для бобово-злаковых травосмесей на дерново-подзолистой почве при обменной кислотности почв рН_{KCl} от 4,6 до 5,5 (таблица 4.33.).

Таблица 4.33 – Коэффициенты перехода ^{90}Sr для сена бобово-злаковых травосмесей на дерново-подзолистых супесчаных почвах в зависимости от реакции почвенной среды

Травосмесь, соотношение бобового и злакового компонента, % от общего веса	Обменная кислотность, рН _{KCl}	
	4,6–5,0	5,1–5,5
Лядвенец рогатый + ежа сборная 20:80	4,30	3,32
Лядвенец рогатый + кострец безостый 40:60	5,42	4,20
Лядвенец рогатый + тимopheевка луговая 30:70	5,28	3,92
Галега восточная + ежа сборная 30:70	11,39	7,29
Галега восточная + кострец безостый 50:50	17,42	10,51
Галега восточная + тимopheевка луговая 40:60	10,32	6,82

Одновременно показана зависимость накопления ^{137}Cs для культур и травосмесей от содержания в почве подвижного калия. Это позволяет более точно прогнозировать удельную активность ^{137}Cs в урожае на различных по обеспеченности калием почвах. Средние значения K_p ^{137}Cs для полноценного травостоя культур (первый-третий год пользования) в первом укосе в диапазоне обеспеченности дерново-подзолистой супесчаной почвы калием от 80 до 300 мг/кг почвы представлены в таблице 4.34).

Таблица 4.34 – Коэффициенты перехода ^{137}Cs для галеги восточной, лядвенца рогатого и многолетних бобово-злаковых травосмесей на дерново-подзолистых супесчаных почвах в зависимости от обеспеченности почв подвижным калием

Культура, травосмесь, соотношение бобового и злакового компонента, % от общего веса	Содержание подвижного калия, мг/кг почвы		
	81–140	141–200	201–300
<i>Сено (влажность 16 %)</i>			
Лядвенец рогатый	0,73	0,53	0,40
Лядвенец рогатый +ежа сборная 20:80	0,12	0,07	0,05
Лядвенец рогатый +кострец безостый 40:60	0,41	0,21	0,12
Лядвенец рогатый +тимофеевка луговая 30:70	0,29	0,19	0,09
Галега восточная	0,24	0,18	0,15
Галега восточная +ежа сборная 30:70	0,26	0,11	0,05
Галега восточная +кострец безостый 50:50	0,28	0,13	0,07
Галега восточная +тимофеевка луговая 40:60	0,15	0,10	0,03
<i>Зеленая масса (влажность 82 %)</i>			
Лядвенец рогатый	0,16	0,12	0,08
Лядвенец рогатый +ежа сборная 20:80	0,03	0,02	0,01
Лядвенец рогатый +кострец безостый 40:60	0,09	0,04	0,03
Лядвенец рогатый +тимофеевка луговая 30:70	0,06	0,04	0,02
Галега восточная	0,05	0,04	0,03
Галега восточная +ежа сборная 30:70	0,06	0,02	0,01
Галега восточная +кострец безостый 50:50	0,06	0,03	0,02
Галега восточная +тимофеевка луговая 40:60	0,03	0,02	0,01

Как уже отмечалось, при возделывании бобово-злаковых травосмесей с применением минимальных доз минерального азота наблюдаются наиболее низкие уровни перехода радионуклидов в растения (Алексахин Р. М. и др., 1992). При этом низкие дозы азотных удобрений не препятствуют получению высокого урожая кормовых трав, поскольку и лядвенец рогатый и галега восточная способны обеспечивать не только собственные потребности в азоте, но и потребности ассоциирующихся с ними злаковых культур за счет симбиотической фиксации.

Для установления степени влияния уровня азотного питания на накопление радионуклидов растениями в полевом эксперименте РНИУП «Институт радиологии» на дерново-подзолистых супесчаных почвах изучалось применение различных доз азотных удобрений под галегу восточную и лядвенец рогатый на фоне $P_{90}K_{120}$. Данный фон соответствует рекомендуемым дозам удобрений под культуры для достижения максимальной урожайности культур ($P_{60}K_{90}$) для почв с оптимальными показателями обеспеченности почв фосфором и калием и дополнительным дозам для снижения содержания радионуклидов в растениях ($P_{30}K_{30}$) в зависимости от плотности радиоактивного загрязнения почвы опытного участка. Норма высева галеги восточной сорта Полесская в травосмесях составляла 16 кг/га, лядвенца рогатого сорта Мозырянин – 8 кг/га, злаковых трав: ежи сборной, костреца безостого – по 6 кг/га, тимофеевки луговой – 5 кг/га, в соответствии с отраслевым регламентом для достижения соотношения стеблестоя злаковых и бобовых культур в травосмеси по 50 % (Ласько Т. В. и др., 2008).

В течение трех лет пользования соотношение бобовых и злаковых культур имело, в основном, тенденцию к снижению удельного веса бобовой культуры в травостое. Средняя урожайность зеленой массы галеги в чистом виде в первый год пользования достигала 320 ц/га за два укоса, во второй и третий годы при благоприятных погодных условиях – 610 ц/га, лядвенца – 560 ц/га в первый год, 415–540 ц/га – в последующие годы. Анализ значений $Kp^{137}Cs$ и ^{90}Sr показал, что накопление радионуклидов бобовыми культурами в первый год пользования было выше, чем в последующие.

Внесение азота в дозе 30 кг/га д.в. в первые годы пользования дало значительную прибавку урожая галеги в чистом виде (53–65 ц/га) в первом укосе и практически не отразилось на урожайности второго укоса. Урожайность травостоя при внесении азота в дозе 60 кг/га существенно не отличалась от урожайности при дозе 30 кг/га д.в. Максимальные урожаи двух укосов травосмесей: 580 ц/га (галега восточная + тимофеевка луговая) и 612 ц/га (галега восточная + кострец безостый) были получены на безазотном фоне.

Было также установлено, что в двух укосах трав второго-третьего года пользования минимальное накопление ^{137}Cs и ^{90}Sr биомассой галеги в чистом виде и в травосмеси с тимофеевкой луговой происходит при внесении $\text{N}_{30}\text{P}_{90}\text{K}_{120}$ кг/га д.в. В травосмеси галеги с ежой сборной минимальная удельная активность ^{137}Cs и ^{90}Sr наблюдалась при внесении $\text{N}_{60}\text{P}_{90}\text{K}_{120}$, с кострцом безостым—на безазотном фоне (таблица 4.35).

Таблица 4.35 – Динамика показателей Кп ^{137}Cs и ^{90}Sr для зеленой массы и соотношения бобовых и злаковых культур в травостое при различных дозах азотных удобрений

Культура, травосмесь	Доза азотных удобрений, кг/га д.в.	Содержание бобовых в травосмеси, % от общего веса			Кп ^{137}Cs			Кп ^{90}Sr		
		2004	2005	2006	2004	2005	2006	2004	2005	2006
Лядвенец рогатый	–	100	100	100	0,09	0,13	0,09	2,06	1,82	1,53
	30				0,09	0,11	0,06	2,31	0,94	1,23
	60				0,10	0,11	0,06	1,85	1,28	1,26
Лядвенец рогатый + ежа сборная	–	40	30	20	0,02	0,02	0,04	1,00	0,77	0,88
	30				0,02	0,02	0,05	1,14	0,68	0,51
	60				0,02	0,02	0,04	0,67	0,43	0,61
Лядвенец рогатый + кострец безостый	–	50	45	40	0,06	0,03	0,05	1,35	0,92	0,76
	30				0,08	0,07	0,08	1,88	0,96	1,06
	60				0,06	0,07	0,06	1,15	0,61	0,78
Лядвенец рогатый + тимофеевка луговая	–	50	40	30	0,03	0,03	0,07	0,75	1,03	1,02
	30				0,03	0,03	0,04	0,85	0,74	0,66
	60				0,02	0,02	0,05	0,62	0,50	0,62
Галега восточная	–	100	100	100	0,07	0,04	0,06	7,96	4,40	3,39
	30				0,08	0,03	0,04	6,61	3,97	3,58
	60				0,07	0,05	0,05	7,62	4,58	4,20
Галега восточная + ежа сборная	–	40	35	30	0,03	0,03	0,06	1,56	1,87	1,63
	30				0,02	0,03	0,05	1,26	1,06	1,28
	60				0,02	0,04	0,06	1,47	0,94	1,30
Галега восточная + кострец безостый	–	50	50	50	0,04	0,04	0,05	2,53	1,44	1,52
	30				0,04	0,04	0,09	2,18	1,45	1,49
	60				0,05	0,04	0,07	2,00	0,88	1,32
Галега восточная +	–	50	45	40	0,03	0,03	0,04	1,88	1,32	1,47
	30				0,02	0,02	0,06	1,56	1,19	1,43

тимофеевка луговая	60				0,03	0,03	0,07	1,53	0,99	1,36
-----------------------	----	--	--	--	------	------	------	------	------	------

На фоне $P_{90}K_{120}$ внесение 30 кг/га действующего вещества азота под посевы лядвенца в чистом виде и в травосмеси с ежой сборной и кострцом безостым в отличие от галеги не дало значительной прибавки урожая зеленой массы (таблица 4.36.). Дальнейшее увеличение дозы азота до 60 кг/га д.в. приводило к снижению урожая лядвенца в чистом виде (таблица 4.37). В травосмеси лядвенца с ежой была значительная прибавка зеленой массы за счет преобладания отзывчивой на внесение азота ежи сборной.

Таблица 4.36 – Влияние доз азотных удобрений на урожайность зеленой массы галеги восточной, ей травосмесей и на Кп ^{137}Cs и ^{90}Sr

Культура, Травосмесь	Доза азотных удобрений, кг/га д.в.	Средний уро- жай зеленой массы, ц/га		Кп ^{137}Cs		Кп ^{90}Sr	
		I укос	II укос	I укос	II укос	I укос	II укос
Галега Восточная	–	445	131	0,06	0,03	3,39	4,24
	30	510	120	0,04	0,03	3,58	4,80
	60	492	133	0,05	0,04	4,20	5,63
Галега + ежа	–	313	149	0,06	0,04	1,63	2,61
	30	430	145	0,05	0,05	1,28	2,56
	60	441	134	0,06	0,04	1,30	2,10
Галега + кострец	–	445	167	0,05	0,04	1,52	1,74
	30	410	168	0,09	0,06	1,49	1,83
	60	428	175	0,07	0,04	1,32	1,61
Галега + тимофеевка	–	433	148	0,04	0,03	1,47	1,64
	30	348	161	0,06	0,02	1,43	1,41
	60	403	150	0,07	0,03	1,36	1,32
НСР ₀₅		20	12				

Минимальные коэффициенты перехода ^{137}Cs и ^{90}Sr для зеленой массы лядвенца рогатого в чистом виде в травосмеси с тимофеевкой во второй-третий годы пользования наблюдаются при внесении азота в дозе 30 кг/га д.в., с кострцом безостым – на безазотном фоне.

Прогнозирование загрязнения кормов, полученных на основе галеги восточной и лядвенца рогатого, позволяет заблаговременно планировать набор культур для возделывания на загрязненных радионуклидами угодьях, размещение по полям севооборотов и отдельным участкам с учетом плотности загрязнения почв и различное использование кормов (при производстве молока цельного, молока-сырья, для

заключительного откорма крупного рогатого скота и др.). С учётом прогноза осуществляются отдельный выпас дойных коров, откормочного молодняка, а также заготовка кормов в зависимости от плотности загрязнения почв и назначения продукции.

Таблица 4.37 – Влияние доз азотных удобрений на урожайность зеленой массы лядвенца рогатого, его травосмесей и на $K_{II}^{137}Cs$ и ^{90}Sr

Культура, травосмесь	Доза азотных удобрений, кг/га д.в.	Средний урожай зеленой массы ц/га		$K_{II}^{137}Cs$		$K_{II}^{90}Sr$	
		I укос	II укос	I укос	II укос	I укос	II укос
Лядвенец рогатый	–	364	151	0,09	0,12	1,53	1,94
	30	381	145	0,06	0,07	1,23	1,92
	60	325	131	0,06	0,10	1,26	2,04
Лядвенец + ежа	–	303	122	0,04	0,05	0,88	0,94
	30	321	97	0,05	0,06	0,51	1,34
	60	384	111	0,04	0,05	0,61	0,61
Лядвенец + коострец	–	331	115	0,05	0,06	0,76	0,81
	30	323	123	0,08	0,08	1,06	0,87
	60	348	128	0,06	0,06	0,78	0,69
Лядвенец+ тимофеевка	–	271	114	0,07	0,04	1,02	0,61
	30	304	111	0,04	0,05	0,66	0,72
	60	296	104	0,05	0,05	0,62	0,58
НСР ₀₅		22	9				

Производство основных видов кормов из лядвенца и галеги в чистом виде возможно без ограничений по плотности загрязнения ^{137}Cs . Исключение составляет только производство зеленой массы лядвенца рогатого. Значение $K_{II}^{137}Cs$ для зеленой массы лядвенца в чистом виде (0,16) при низкой обеспеченности калием максимально в сравнении с галегой (0,05) и различными травосмесями (0,03–0,09). На плотности загрязнения дерново-подзолистой почвы ^{137}Cs 28 Ки/км² и более и обеспеченности почвы калием в диапазоне 81–140 мг/кг удельная активность зеленой массы лядвенца может превышать допустимый уровень 165 Бк/кг (для цельного молока), также как и на торфяно-болотных почвах с плотностью загрязнения до 10 Ки/км².

В производстве молока цельного, соответствующего РДУ по ^{90}Sr , может быть использовано сено галеги (РДУ 260 Бк/кг), полученное при плотности загрязнения ^{90}Sr до 0,52 Ки/км² на дерново-подзолистой супесчаной почвы с оптимальными агрохимическими

показателями, в то время как сено из травосмеси, например, с кострецом безостым – при плотности загрязнения ^{90}Sr не выше $0,67 \text{ Ки/км}^2$. У лядвенца рогатого и его травосмеси с кострецом безостым эти ограничения составят, соответственно, 1,33 и $1,67 \text{ Ки/км}^2$ (таблица 4.38).

Таблица 4.38 – Предельные значения плотности загрязнения ^{90}Sr почв с оптимальными агрохимическими показателями для производства кормов в пределах РДУ

Культура, травосмесь	Плотность загрязнения почвы ^{90}Sr , Ки/км ²			
	Сено		Зеленая масса	
	для цельного молока РДУ 260 Бк/кг	для молока- сырья РДУ 300 Бк/кг	для цельного молока РДУ 37 Бк/кг	для молока- сырья РДУ 185 Бк/кг
<i>Дерново-подзолистая песчаная</i>				
Галега восточная	0,35	1,73	0,23	1,15
Галега восточная+ кострец безостый	0,45	2,27	0,29	1,48
Лядвенец рогатый	0,89	более 3,0 (4,4)	0,59	2,93
Лядвенец рогатый+ кострец безостый	1,11	более 3,0 (5,6)	0,74	3,71
<i>Дерново-подзолистая супесчаная Торфяно-болотная</i>				
Галега восточная	0,52	2,59	0,34	1,72
Галега восточная+ кострец безостый	0,67	более 3,0 (3,4)	0,44	2,22
Лядвенец рогатый	1,33	более 3,0 (6,7)	0,88	более 3,0 (4,4)
Лядвенец рогатый+ кострец безостый	1,67	более 3,0 (8,4)	1,11	более 3,0 (5,6)
<i>Дерново-подзолистая суглинистая</i>				
Галега восточная	0,78	3,89	0,51	2,58
Галега восточная+ кострец безостый	1,01	более 3,0 (5,1)	0,66	более 3,0 (3,3)
Лядвенец рогатый	2,00	более 3,0 (10,0)	1,32	более 3,0 (6,6)
Лядвенец рогатый+ кострец безостый	2,51	более 3,0 (12,6)	1,67	более 3,0 (8,3)

Примечание: более 3,0 Ки/км² – нет ограничений

При производстве кормов для получения молока-сырья существуют ограничения по плотности загрязнения почв ^{90}Sr при воз-

делывания галеги восточной на сено (2,59 Ки/км²), галеги восточной и травосмеси галеги с кострцом безостым на зеленую массу (1,72 и 2,22 Ки/км² соответственно).

Ограничения плотности загрязнения почв ⁹⁰Sr при производстве зеленой массы в 1,5 раза выше, чем для производства сена. На дерново-подзолистых почвах с показателями плодородия ниже оптимальных для возделываемых культур можно произвести корма с допустимыми уровнями содержания ⁹⁰Sr только при плотности загрязнения почвы радионуклидом в 2–3 раза ниже приведенных в таблице 4.38. При низких показателях почвенного плодородия зеленая масса галеги превышает допустимые уровни содержания ⁹⁰Sr в кормах для цельного молока при плотности загрязнения почв ⁹⁰Sr более 0,25 Ки/км², сено галеги – при более 0,38 Ки/км², для зеленой массы и сена лядвенца предельные плотности загрязнения почвы составят соответственно 0,56 и 0,85 Ки/км².

В случае превышения допустимых уровней содержания ⁹⁰Sr в кормах для молочного скота (РДУ в зеленой массе 37 Бк/кг для цельного молока) возможно использование их для получения молока-сырья (РДУ–185 Бк/кг). Также без ограничений по плотности загрязнения почв радионуклидами можно возделывать культуры для производства семенного материала.

На показатели миграции радионуклидов из почвы в растения влияют технологические операции выращивания культур, система применения удобрений, меры защиты растений и др. Например, отраслевой регламент устанавливает требования к выполнению технологических операций. В технологических картах приведены качественные характеристики работ (глубина обработки, норма внесения удобрений, расстояние перевозки и др.), последовательность выполнения, затраты труда, расход топлива, марки сельскохозяйственной техники.

Одним из важнейших производственных факторов повышения продуктивности галеги восточной и лядвенца рогатого является внесение удобрений. Дозы минеральных удобрений под галегу восточную и лядвенец рогатый рассчитываются с учетом выноса питательных веществ из почвы под планируемый урожай. Так как уровень плодородия почв влияет на переход радионуклидов из почв в растения, при возделывании многолетних трав на загрязненных землях необходимым требованием является применение защитных мер, важнейшими из которых являются известкование почв и рациональное использование минеральных удобрений, при расчете доз которых учитывается плотность загрязнения почвы радионуклидами, тип почвы, вид угодья (пашня, сенокосы и пастбища), обеспеченность почвы элементами

питания (фосфором и калием), реакция почвенной среды, содержание гумуса.

Установлено снижение поступления радионуклидов из почвы в растения при внесении фосфорных удобрений, особенно на почвах с низким содержанием фосфатов (Кузнецов В. К. и др., 2001). На легких почвах при уровне обеспеченности дерново-подзолистых супесчаных и суглинистых почв подвижным фосфором 200–300 мг/кг под галегу, лядвенец, как и под клевер, люцерну, донник, а также бобово-злаковые травосмеси, для получения высокого урожая (400–500 ц/га зеленой массы) эффективно внесение фосфора в дозе 60–70 кг/га д.в., при содержании 300–400 мг P_2O_5 в 1 кг почвы – 30–40 кг/га д.в. фосфорных удобрений. На осушенных торфяниках эти культуры, а также бобово-злаковые травосмеси нуждаются в более высоких дозах фосфора и калия – до 70 кг/га д.в. фосфора и 150 кг/га д.в. калия при оптимальных показателях обеспеченности. Дополнительные дозы фосфорных удобрений при возделывании галеги восточной и лядвенца рогатого на дерново-подзолистых почвах применяются при обеспеченности фосфором менее 250 мг/кг, повышаясь от 5–10 до 15–45 кг/га д.в. при снижении обеспеченности фосфором и увеличении плотности загрязнения (Лапа В. В., 2007).

При оптимальных показателях обеспеченности дерново-подзолистых почв калием (200–300 мг/кг) для получения высокого урожая зеленой массы бобовых трав и травосмесей рекомендуется применять калийные удобрения в дозе 120–140 кг/га д.в., при показателях обеспеченности почв калием выше оптимальных (300–400 мг/кг) – 50–60 кг/га д.в. Важным условием эффективного применения калийных удобрений является хорошая обеспеченность растений фосфором.

Дополнительные дозы калия при возделывании галеги восточной и лядвенца рогатого на загрязненных радионуклидами дерново-подзолистых почвах различаются для пашни и кормовых угодий на 20–30 кг только при самой низкой обеспеченности калием (менее 80 мг/кг). Насыщение почв калием выше 300 мг/кг почвы не сопровождается дальнейшим снижением поступления радионуклидов в растения, поэтому дополнительные дозы вносятся при обеспеченности калием менее 300 мг/кг, повышаясь от 15 до 150 кг/га д.в. при снижении обеспеченности калием и увеличении плотности загрязнения.

Экономически и экологически предпочтительно поддержание уровня обеспеченности почв подвижным калием, необходимым для получения наибольшей продуктивности культур. Для предотвращения

избыточных доз калийных удобрений и ухудшения качества кормов введены ограничения. На почвах с высоким содержанием калия (более 300 мг/кг на минеральных почвах и 1000 мг/кг на торфяно-болотных почвах) предусматривается внесение минимальных основных доз калийных удобрений из расчета компенсации около 50 % выноса калия с урожаем.

Значение имеют формы удобрений, сроки и способы их внесения, приведенные в отраслевом регламенте возделывания культур. При бессменном возделывании лядвенца и галеги подкормку фосфором и калием проводят ежегодно весной в начале возобновления вегетации.

Потребность в азоте галега восточная и лядвенец рогатый, как многолетние бобовые культуры, удовлетворяют в основном за счет симбиотической фиксации. Доля фиксированного азота из воздуха составляет около 70 %. Остальную часть азота культуры потребляют из почвы, поэтому азотные удобрения под них вносить не рекомендуется.

Отмечено влияние обеспеченности почвы микроэлементами – марганцем, бором, медью, молибденом, на урожайность бобовых культур и поступление ^{90}Sr в зеленую массу бобовых трав. Так, совместное внесение марганца и бора на фоне $\text{P}_{60}\text{K}_{120}$ обеспечивает снижение содержания ^{90}Sr на 22 % по сравнению с фоновым вариантом и на 50% с вариантом без внесения удобрений. Микроэлементы вносятся только при низком их содержании в почве: менее 1,5 мг/кг меди, менее 0,3 бора, менее 3,0 цинка на минеральных почвах и соответственно менее 5,0 , 1,0, 9,0 мг/кг на торфяно-болотных почвах (Богдевич И. М. и др. 2003).

Одним из критериев эффективности возделывания галеги восточной и лядвенца рогатого является радиоэкологическая эффективность, которая заключается в производстве кормов с допустимыми уровнями содержания радионуклидов.

Оценка сравнительной радиоэкологической эффективности возделывания различных бобовых культур при одинаковой плотности загрязнения почвы ^{90}Sr показывает, что при оптимальных показателях плодородия почвы и, следовательно, максимальной урожайности травостоя, удельная активность ^{90}Sr в зеленой массе (сене) клевера в 1,3–1,4 раза выше, чем у галеги восточной и люцерны и в 3,2 раза выше, чем у лядвенца рогатого. Вместе с тем в травосмесях лядвенца рогатого с многолетними злаковыми травами до 4 раз снижается удельная активность ^{90}Sr в кормах в сравнении с клевером. Поэтому при высокой плотности загрязнения почв ^{90}Sr возделывание галеги

восточной и лядвенца рогатого, а также бобово-злаковых травосмесей на их основе более целесообразно, чем клевера, для получения кормов с допустимыми уровнями содержания ^{90}Sr (рисунок 4.6.).

Важным показателем эффективности возделывания высокобелковых культур является возможность использования их для повышения качества рациона, в состав которого входят ингредиенты с недостаточным содержанием белка: кукурузный силос, сенаж и силос злаковых трав, корнеплоды. Например, в 1 кг корнеплодов кормовой свеклы содержится 110 г переваримого белка, а в сенаже галеги – 168 г. При замене посевов кормовой свеклы галегой восточной и выходе с 1 га 460 ц/га её зеленой массы можно получить дополнительно 522 кг белка. Этого достаточно, чтобы покрыть дефицит белка, содержащегося в 520 ц зеленой массы кукурузы, необходимой для получения более 6 т молока.

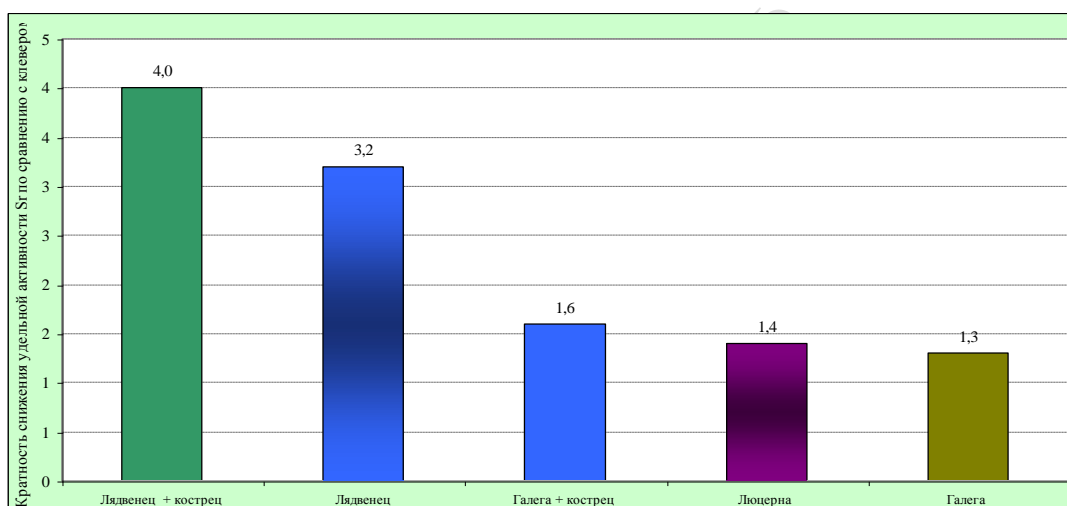


Рисунок 4.6 – Сравнительная оценка радиологической эффективности возделывания культур и травосмесей

В практических целях немаловажное значение имеет оценка эффективности возделывания новых культур в сравнении с традиционными многолетними бобовыми травами. Сравнение свидетельствует о высокой эффективности возделывания галеги восточной и лядвенца рогатого (таблица 4.39).

Были также получены показатели экономической эффективности оптимальных по урожайности вариантов возделывания галеги восточной, лядвенца рогатого и бобово-злаковых травосмесей с минимальным накоплением радионуклидов, а также клевера двухгодичного использования, рассчитанные на основе данных по урожайности культур в полевом эксперименте, технологических карт возделывания культур, нор-

мативов трудовых и материальных затрат для ведения сельскохозяйственного производства. Наибольший экономический эффект достигается при возделывании лядвенца рогатого и травосмесей галеги восточной и лядвенца рогатого с многолетними злаковыми травами (кострец безостый), где рентабельность превышает 90 %, а срок окупаемости затрат составляет около 1 года. Высокая эффективность возделывания лядвенца в первые годы возделывания достигается за счет покровной культуры, бобово-злаковых травосмесей – за счет многолетних злаковых трав, которые обеспечивают продуктивность травостоя в первые годы возделывания. Рентабельность производства кормов из галеги восточной (70 %) выше, чем из клевера двухгодичного использования (58 %) из-за более высокого урожая и долголетия культуры, срок окупаемости затрат – не более 1,4 года.

Таблица 4.39 – Сравнительная эффективность возделывания многолетних бобовых трав (Стрелков В. Г., Шашко Т. П., 1072)

Культура	Показатели							
	Урожайность зеленой массы, ц/га	Урожайность сухого вещества, ц/га	Выход кормовых единиц, ц/га	Сбор переваримого протеина, ц/га	Обеспеченность к.ед. переваримым протеином, г	Оставляет в почве органического вещества, ц/га	Оставляет в почве азота, кг/га	Продуктивное долголетие, лет
Лядвенец рогатый	411,0	93,5	80,0	12,2	153	61,8	138,0	4–6
Клевер одногодичного пользования	721,0	142,0	116,0	18,6	144	71,0	14,2	1
Клевер двухгодичного пользования	506,0	102,0	83,7	12,6	146	50,0	100,0	2
Люцерна посевная	560,0	133,0	113,0	18,6	163	73,7	132,0	4–6
Галега восточная	561,0	132,0	108,0	18,7	173	136,0	298,0	8–10

Экономический эффект возделывания галеги восточной и лядвенца рогатого основан на экономии средств, которая формируется за счет более высокой кормовой продуктивности, более длительного использования кормовых угодий (до 12–15 лет), снижения затрат на приобретение

азотных удобрений. Экономия средств за счет уменьшения доз относительно дорогих и экологически небезопасных азотных удобрений при длительном сохранении высоких урожаев позволяет существенно снизить себестоимость кормовой продукции, а обогащение почвы биологическим азотом создает благоприятные условия для последующего возделывания зерновых и картофеля.

Таким образом, экспериментальные данные, сравнения, оценки и выводы позволили сформулировать следующее заключение. Для получения высоких урожаев (400–500 ц/га зеленой массы) галеги восточной, лядвенца рогатого и их бобово-злаковых травосмесей на дерново-подзолистых почвах с оптимальным уровнем обеспеченности подвижным фосфором (200–300 мг/кг) эффективно внесение фосфора в дозе 35–70 кг/га д.в., на осушенных торфяно-болотных почвах (600–800 мг/кг) – в дозе 60–70 кг/га д.в.

Дополнительные дозы фосфорных удобрений под галегу восточную и лядвенец рогатый, на загрязненных радионуклидами дерново-подзолистых (торфяно-болотных) почвах целесообразно применять при обеспеченности фосфором менее 250 мг/кг (до 800 мг/кг), повышая их от 5–10 до 15–45 кг/га д.в. в случае снижения обеспеченности фосфором и увеличении плотности загрязнения.

При оптимальных показателях обеспеченности дерново-подзолистых почв калием (200–300 мг/кг) для получения высокого урожая зеленой массы бобовых трав и травосмесей рекомендуется применять калийные удобрения в дозе 90–140 кг/га д.в., на торфяно-болотных почвах (600–1000 мг/кг) – до 150 кг/га д.в.

С целью снижения накопления радионуклидов в кормах рекомендуется дополнительно вносить от 15 до 150 кг/га д.в. калия по мере снижения обеспеченности почв калием и увеличении плотности загрязнения радионуклидами. На почвах с высоким содержанием калия (более 300 мг/кг на минеральных почвах и 1000 мг/кг на торфяно-болотных почвах) предусматривается внесение минимальных основных доз калийных удобрений из расчета компенсации около 50 % выноса калия с урожаем.

Азотные удобрения в количестве 30 кг/га д.в. вносятся под галегу восточную и лядвенец рогатый только в первые годы жизни. Наиболее оптимальные варианты возделывания культур на безазотном фоне: галега в чистом виде, галега с кострцом безостым (timoфеевкой луговой), лядвенца рогатого с кострцом безостым.

Для возделывания галеги восточной, лядвенца рогатого и их бобово-злаковых травосмесей нет ограничений по плотности загрязнения почв ^{137}Cs , за исключением производства зеленой массы лядвенца ро-

гато для получения цельного молока при низкой обеспеченности почв калием и плотности загрязнения ^{137}Cs дерново-подзолистых почв более 30 Ки/км² и торфяно-болотных почв более 10 Ки/км².

При производстве кормов из галеги, лядвенца и их травосмесей на дерново-подзолистых супесчаных почвах с оптимальными для культур агрохимическими показателями

1) для получения *молока цельного* (РДУ по ^{90}Sr 37 Бк/кг) может быть использована зеленая масса (сено) галеги при плотности загрязнения почвы ^{90}Sr до 0,34 (0,52) Ки/км²; галеги с кострцом – до 0,44 (0,67) Ки/км²; лядвенца рогатого – до 0,88 (1,33) Ки/км²; лядвенца с кострцом – до 1,11 (1,67) Ки/км²;

2) для получения *молока-сырья для переработки на масло* (РДУ по ^{90}Sr 100 Бк/кг) – зеленая масса (сено) галеги при плотности загрязнения почвы ^{90}Sr до 1,72 (2,59) Ки/км²; галеги с кострцом – до 2,22 (без ограничений) Ки/км²; лядвенца рогатого, лядвенца с кострцом – без ограничений.

При уровнях плодородия почвы ниже оптимальных для возделывания культур ограничения по плотности загрязнения почвы ^{90}Sr увеличиваются в 2–3 раза.

На пригодных для возделывания культур дерново-подзолистых песчаных почвах ограничения по плотности загрязнения ^{90}Sr увеличиваются в среднем 1,5 раза, на суглинистых – уменьшаются до 1,5 раза в сравнении с дерново-подзолистыми супесчаными и торфяно-болотными почвами.

Замена посевов клевера двухгодичного использования бобово-злаковыми травосмесями лядвенца рогатого, галеги восточной с кострцом безостым на загрязненных ^{90}Sr почвах снижает удельную активность кормов до 4 раз, что определяет радиозэкологический эффект от их внедрения.

4.4. Возделывание донника белого и эспарцета на зеленую массу

Известно, что виды и сорта бобовых культур значительно отличаются по способности накапливать радионуклиды (Жданович В. П. и др., 2005). Результаты экспериментальной работы РНИУП «Институт радиологии» и его Могилевского филиала указывают на возможность расширения состава бобовых трав на загрязненных радионуклидами землях за счет внедрения донника белого и эспарцета (Цыбулько Н. Н. и др., 2013).

Донник белый и эспарцет являются культурами, использование которых в качестве источников растительного белка в сельскохозяйственном производстве может стать дополнительным источником повышения качества кормов, снижения себестоимости кормопроизводства и оптимизации структуры посевных площадей на легких по гранулометрическому составу почвах. Более того, существует потенциальная возможность выращивания их на радиоактивно загрязненных землях, характеризующихся невысоким баллом бонитета.

Донник белый (*Melilotus albus* Med.) – двулетнее растение семейства бобовых, является неприхотливой культурой, плохо переносящей только сильнокислые и переувлажненные почвы. Может произрастать как на суглинистых, так и на супесчаных и песчаных почвах, подстилаемых песками, где клевер и люцерна страдают от недостатка влаги и элементов питания и дают низкие урожаи. Недостаток осадков затягивает у донника довсходовый период, в год посева он наиболее чувствителен к осадкам в конце лета (июль-август), во второй год жизни – к осадкам в начале лета (июнь) (Шукис Е. Р., Гуркова Е. В., 2006).

Донник белый обладает высокой засухоустойчивостью и зимостойкостью. Поэтому наибольший интерес культура представляет для Гомельской и Брестской областей, где удельный вес легких по гранулометрическому составу почв составляет свыше 70 %.

Корневая система донников сильно развита, с большим количеством клубеньков, может углубляться в почву на 1,5–2 м и более. Одним из положительных свойств донника является способность его корней выделять угольную кислоту, которая растворяет карбонат кальция (в почве в естественном состоянии он слабо растворим). Перейдя в растворимое состояние, кальций замещает натрий, образуя бикарбонат натрия, который по своей природе в несколько раз менее ядовит для растений.

Поскольку бикарбонат натрия хорошо растворим в воде, он вымывается по пустотам омертвевших корней донника. Почва постепенно приобретает необходимое плодородие. Корневые выделения донника могут составить до 70 % общей массы корней. Органические вещества, выделяемые донником в почву, состоят из аминокислот, фосфора, калия, серы, кальция и других элементов. Корневая система донника усваивает труднорастворимые соединения и перекачивает их в растительную массу, а после запашки и разложения эти вещества становятся доступными для других культур (Андреев Н. Г., 1989).

Стебель у донника обычно прямой, реже приподнимающийся, достигает при благоприятных условиях длины 3 м. Листья тройчатые, листочки широкоовальные, округло-яйцевидные, зубчатые по

краю, голые. Цветки мелкие, белой окраски. Плод – односемянный боб, реже двусемянный, округло-яйцевидной или эллиптической формы, сетчато- или поперечно-морщинистый. Семена сердцевидные, с выступом под рубчиком, слабо блестящие, зеленовато-желтые. Семена донника мелкие – масса 1000 семян составляет около 2 г (Довбан К. И., 1990)..

Донник белый используется в качестве корма и на зеленое удобрение. При возделывании его на корм урожайность зеленой массы может достигать 200–300 ц/га. В 100 кг сухой массы содержится 14,4 кг переваримого протеина. Наиболее богаты белком листья и семена. Использование донника в кормовых смесях обогащает зеленую массу солями кальция, фосфора и каротином. Зеленая масса донника в смеси со злаковыми травами используется для приготовления высококачественного силоса и сенажа.

Следует отметить, что во всех частях растения донника содержится алкалоид кумарин – от 0,03 до 1,5 % на сухое вещество. Его токсическое действие на организм животных проявляется при плесневении растений, когда кумарин переходит в ядовитый дикумарин, который угнетает образование в печени протромбина и понижает способность крови к свертыванию. В связи с этим недопустимо скармливание животным заплесневелого сена или силоса (Шелюто А. А. , 2009; Шлапунов В. Н., 2008).

Поедаемость качественного зеленого корма на основе донника белого хорошая, скармливание донника улучшает пищеварение животных, усиливая секрецию поджелудочной железы (Боков В., 1965), при этом введение в рацион животных зеленой массы донника должно быть постепенным для привыкания к специфическому запаху.

При использовании донника белого на зеленое удобрение в почву запахивается от 150 до 200 кг/га азота, около 20–30 т/га растительной массы, что по действию на урожай и плодородие почвы равноценно 30–40 т/га навозного компоста.

Эспарцет (*Onobrychis Adams*) – род многолетних травянистых растений семейства бобовые. В диком виде встречается более 62 видов и разновидностей эспарцета. Эспарцет посевной или виколистный (*Onobrychis sativa* Lam. (*viciifolia* Scop.)) более других распространен в Беларуси и занимает наибольшие площади. Его стебель достигает высоты до 1 м, внизу слегка пригнут к земле, хорошо облиствен (40 % от общей массы растения). Корневая система стержневая, главный корень ясно выражен, боковых скелетных корней почти нет. Длина корней достигает 60–100 см, при этом основная их масса сосредоточена в верхнем пахотном слое. Соцветие – длинная многоцветковая

кисть с розовыми и красными цветками, плотная, длиной 5–12 см. Плоды – полукруглые или яйцевидно-угловатой формы бобы, сетчатые, односемянные, нераскрывающиеся. Масса 1000 бобов составляет 15–20 г (Панков Д. М., 2009; Попков Н. А. и др., 2006).

По требованию к теплу эспарцет очень близок к люцерне. Семена его начинают прорастать при температуре 1–2°C. При оптимальной температуре (18–25°C) всходы появляются на 10–15-й день после посева. На второй год жизни отрастание начинается сразу же после таяния снега при температуре воздуха 3–4°C. Эспарцет страдает от зимних морозов в бесснежные зимы, а также плохо переносит весенние и осенние заморозки.

Эспарцет может произрастать в условиях пониженной влагообеспеченности, однако для набухания и прорастания семян, а также в фазу бутонизации – начала цветения требует много влаги.

Эспарцет требует достаточно длинного светового дня и вместе с тем большой интенсивности освещения. В связи с этим в первый год жизни световую стадию растения эспарцета могут пройти только при беспокровном посеве. В подпокровном посеве они угнетаются покровной культурой и не могут вступить в фазу цветения. Зимует эспарцет в фазе розетки. На второй год жизни пазушных почек нижних узлов стебля формируется до 65 %, а из спящих почек корневой шейки и корня – до 35 % побегов. Генеративные побеги формируют цветки и семена только в первом укосе. Соцветия появляются обычно в конце мая. Богатые нектаром, они хорошо привлекают насекомых-опылителей. Само цветение всех кистей стебля и растения продолжается длительное время, иногда в течение 20–25 дней. Вследствие растянутости цветения семена созревают не одновременно.

По содержанию питательных веществ эспарцет занимает одно из первых мест среди кормовых трав. Сено и зелёный корм эспарцета хорошо поедаются жвачными животными, причем скармливание эспарцета в зеленом виде не вызывает у них тимпанита. В зеленой массе эспарцета кроме белков, жиров, углеводов, аминокислот, безазотистых соединений, флавонов, содержится большое количество аскорбиновой кислоты, рутина (Рябинина О. В., 1998, 2002).

Типовые технологические процессы возделывания донника белого и эспарцета изложены в отраслевых регламентах по возделыванию этих культур. Отраслевые регламенты являются базовой основополагающей информацией, которая совместно с результатами научных исследований лежит в основе правил агротехники возделывания донника белого и эспарцета на зеленую массу (Гусаков В. Г. и др., 2005).

Продуктивность растений донника белого и эспарцета находится в зависимости от ряда факторов природного характера и особенностей технологии возделывания. Результаты экспериментов, проведенных в хозяйствах Могилевской и Гомельской областей на дерново-подзолистых и торфяных почвах, свидетельствуют о следующем.

При возделывании отмечается влияние покровной культуры на урожайность зеленой массы донника и эспарцета. При беспокровном посеве на дерново-подзолистых супесчаных почвах даже без применения минеральных удобрений донник белый и эспарцет могут дать урожай зеленой массы до 3,0 раз больше, чем с применением повышенной дозы минеральных удобрений под покров овса.

Отрицательное влияние покровной культуры определяется более быстрым ростом овса в первые недели вегетации и выражается в конкурировании за свет и питание. Кроме того, в смеси злаковой покровной культуры с бобовым подсевом отмечается более проблематичное проведение гербицидных обработок, чем в бобовых травах, высеянных в одновидовых посевах.

Следовательно, при отсутствии острой необходимости уплотнения севооборота покровной культурой на легких по гранулометрическому составу дерново-подзолистых почвах рекомендуется высевать донник белый и эспарцет беспокровно, что позволит в первый год пользования получать до 350 ц/га зеленой массы донника белого и до 300 ц/га зеленой массы эспарцета.

На торфяных почвах преимущество беспокровного посева очевидно только в случае с донником белым. Средняя урожайность эспарцета на торфяных почвах одинаково низкая, как в случае беспокровного посева, так и в случае посева под покров овса – около 100 ц/га зеленой массы.

Урожайность зеленой массы донника и эспарцета изменяется также в зависимости от года использования культуры. У обеих культур отмечается почвенно-климатическая специфичность проявления потенциала урожайности. При беспокровном посеве в 1-й год пользования урожайность зелёной массы донника белого на дерново-подзолистых почвах в среднем составляет 250 ц/га, эспарцета – 220 ц/га, во 2-й год пользования – соответственно 140 ц/га и 90 ц/га.

В условиях Могилевской области урожайность донника белого более стабильна, но невысокая в оба года пользования, независимо от степени гидроморфности почв – около 180 ц/га.

В Гомельской области на дерново-подзолистой супесчаной временно избыточно увлажнённой почве урожайность в 1-й год пользования максимальная. Урожайность зелёной массы на фоне внесения

удобрений в дозе $P_{60}K_{120}$ достигала 513 ц/га. В то же время слабая перезимовка вызвала изреженность посевов, и урожайность во 2-й год пользования не превысила 84 ц/га. При возделывании на торфяных почвах растения донника обеспечили получение 252 ц/га в 1-й год и 155 ц/га зеленой массы во 2-й год, что характеризует такие почвенно-экологические условия, как наиболее приемлемые для возделывания донника белого.

Урожайность зеленой массы эспарцета на дерново-подзолистых супесчаных почвах во 2-й год пользования значительно снижается (до 70 ц/га). На торфяных почвах во 2-й год пользования наблюдается рост урожайности в 1,7 раза. При использовании минеральных удобрений в дозе $P_{80}K_{180}$ урожайность зеленой массы эспарцета во 2-й год пользования достигает 197 ц/га.

Для донника белого и эспарцета характерна более высокая отзывчивость на внесение минеральных удобрений в 1-й год пользования, чем во 2-й. При этом у эспарцета прибавка урожайности от внесения более высоких доз калийных удобрений выше, чем у донника белого.

Каждый дополнительный килограмм действующего вещества калия может принести до 2 ц/га зеленой массы донника и до 1,1 ц/га зеленой массы эспарцета.

Отсюда вытекает, что отмечается общая тенденция снижения урожайности зеленой массы донника белого и эспарцета во второй год хозяйственного пользования культуры. В связи с этим на дерново-подзолистых супесчаных почвах при слабой перезимовке рекомендуется делать акцент на одногодичное использование культур. На торфяных почвах отмечена более выраженная стабильность потенциала урожайности, в связи с чем они рекомендуются как преимущественные почвы для выращивания донника и эспарцета в двухлетнем цикле.

При включении донника и эспарцета в схему зеленого конвейера следует принимать во внимание значительную разницу в урожайности зеленой массы разных укосов. Во 2-й год вегетации получение второго укоса донника белого и эспарцета чаще всего возможно только лишь при благоприятных погодно-климатических и почвенных условиях.

Однако следует иметь в виду, что, даже в случае получения зеленой массы, её урожайность во втором укосе очень низкая. Отрастание растений происходит очень слабо, травостой формируется изреженный, не представляющий хозяйственной ценности. Возможность по-

лучения второго укоса обеих культур возрастает при возделывании их на торфяной почве.

Последствие основной дозы минеральных удобрений, внесенной в первый год вегетации, и ранневесенней подкормки, внесенной во второй год вегетации, на растения второго укоса не отмечается, прибавки урожайности в ряде случаев отсутствуют. В связи с этим для повышения урожайности зеленой массы второго укоса рекомендуется проведение подкормки после уборки первого укоса.

Особенности формирования урожая зеленой массы донника белого и эспарцета следует учитывать при удовлетворении хозяйственных нужд в кормах и составлении схемы зеленого конвейера в хозяйствах с преобладанием дерново-подзолистых супесчаных и торфяных почв. Данные культуры дают стабильно высокие урожаи при беспокровном посеве в первый год вегетации. Во второй год вегетации урожайность может значительно снижаться уже в первом укосе, второй укос рекомендуется проводить только исходя из хозяйственной необходимости.

Если говорить о качестве кормов, то необходимо отметить, что существенным недостатком *донника белого* является быстрое огрубление его стеблей с момента цветения и резкое ухудшение в связи с этим качества получаемого корма. Происходит увеличение содержания сырой клетчатки, снижение содержания протеина и кормовых единиц. Однако эта проблема достаточно легко решается соблюдением оптимальных сроков уборки на зеленую массу. При уборке растений в фазе начала бутонизации по основным нормируемым показателям сено из донника белого соответствует 1-му классу качества (таблица 4.40.). А применение фосфорно-калийных удобрений в большинстве случаев влечет за собой снижение содержания клетчатки в кормах, увеличение содержания сырого, переваримого протеина и фосфора.

Зоотехническое качество сена из *эспарцета*, выращенного на дерново-подзолистых супесчаных почвах, имеет более низкое качество по сравнению с донником белым, а при выращивании культуры на торфяных почвах корма сопоставимы по качеству с донниковым сеном. Корма из эспарцета относятся к 1-му или 2-му классам качества (таблица 4.41.).

На торфяной почве качественные показатели сена из эспарцета лучше по сравнению с сеном, полученным на дерново-подзолистых супесчаных почвах, – снижается содержание клетчатки, увеличивается содержание обменной энергии и кормовых единиц.

На дерново-подзолистых и в ряде случаев на торфяных почвах при внесении фосфорно-калийных удобрений происходит увеличение содержания сырого и переваримого протеина в сене. По общей кормовой ценности эспарцет превосходит клевер и люцерну, а по количеству переваримого протеина стоит близко к люцерне (в сене 10,6 %).

Таблица 4.40 – Зоотехнические показатели качества сена из донника белого (в пересчете на абсолютно сухое вещество)

Дозы удобрений	Сырая клетчатка, %	Сырой протеин, %	Обменная энергия, МДж/кг	К.ед., кг/кг с.в.	Раствор. углеводы, %	Фосфор, %	Сырой жир, %
Норматив	≤ 30*	≥ 15*	≥ 9,0*	≥ 0,65*	2,2**	0,22**	2,5**
Дерново-подзолистая супесчаная автоморфная почва (Могилевская обл.)							
Контроль	28,4	15,4	9,2	0,69	5,0	0,35	2,1
P ₆₀ K ₆₀	28,1	17,1	9,3	0,70	5,3	0,39	2,4
P ₆₀ K ₁₂₀	28,0	17,4	9,3	0,70	5,5	0,38	2,4
<i>Среднее</i>	<i>28,1</i>	<i>16,6</i>	<i>9,2</i>	<i>0,69</i>	<i>5,2</i>	<i>0,37</i>	<i>2,3</i>
Дерново-подзолистая супесчаная полугидроморфная глееватая почва (Могилевская обл.)							
Контроль	27,5	16,6	9,3	0,71	3,4	0,31	2,2
P ₆₀ K ₆₀	27,3	17,2	9,4	0,71	3,7	0,36	2,4
P ₆₀ K ₁₂₀	29,4	16,2	9,1	0,66	5,3	0,36	2,2
<i>Среднее</i>	<i>28,0</i>	<i>16,7</i>	<i>9,2</i>	<i>0,69</i>	<i>4,1</i>	<i>0,34</i>	<i>2,3</i>
Дерново-подзолистая супесчаная временно избыточно увлажнённая почва (Гомельская обл.)							
Контроль	32,5	17,0	8,6	0,60	5,2	0,33	3,2
P ₆₀ K ₆₀	27,4	18,6	9,3	0,70	3,8	0,38	3,1
P ₆₀ K ₁₂₀	28,0	18,2	9,2	0,69	3,2	0,44	3,1
<i>Среднее</i>	<i>29,3</i>	<i>17,9</i>	<i>9,0</i>	<i>0,66</i>	<i>4,1</i>	<i>0,38</i>	<i>3,1</i>
Маломощная торфяная почва (Гомельская обл.)							
Контроль	24,5	15,7	9,8	0,77	4,8	0,19	2,8
P ₆₀ K ₆₀	26,4	17,0	9,5	0,73	4,6	0,20	1,9
P ₆₀ K ₁₂₀	24,7	16,1	9,7	0,76	4,5	0,19	2,7
<i>Среднее</i>	<i>25,2</i>	<i>16,3</i>	<i>9,6</i>	<i>0,75</i>	<i>4,6</i>	<i>0,19</i>	<i>2,4</i>

Примечания:

*норматив приводится в значениях, соответствующих 1-му классу качества сена;

** усредненные справочные значения.

Таблица 4.41 – Зоотехнические показатели качества сена из эспарцета (в пересчете на абсолютно сухое вещество)

Дозы удоб- рений	Сырая клетчатка, %	Сырой протеин, %	Обменная энергия, МДж/кг	К.ед., кг/кг с.в.	Раствор. углеводы, %	Фосфор, %	Сырой жир, %
Норматив	≤ 30*	≥ 15*	≥ 9,0*	≥ 0,65*	2,0**	0,24**	2,5* *
Дерново-подзолистая супесчаная автоморфная почва (Могилевская обл.)							
Контроль	31,7	12,2	8,8	0,63	2,5	0,32	1,5
P60K60	29,9	12,9	9,0	0,66	3,1	0,32	1,8
P60K120	31,1	13,2	8,9	0,64	2,9	0,33	1,7
<i>Среднее</i>	<i>30,9</i>	<i>12,7</i>	<i>8,9</i>	<i>0,64</i>	<i>2,8</i>	<i>0,32</i>	<i>1,7</i>
Дерново-подзолистая супесчаная полугидроморфная глееватая почва (Могилевская обл.)							
Контроль	29,3	13,4	9,1	0,67	2,7	0,36	1,6
P60K60	31,4	13,6	8,8	0,63	2,8	0,37	1,7
P60K120	32,1	14,0	8,7	0,61	3,0	0,37	1,9
<i>Среднее</i>	<i>30,9</i>	<i>13,7</i>	<i>8,8</i>	<i>0,63</i>	<i>2,8</i>	<i>0,36</i>	<i>1,7</i>
Дерново-подзолистая супесчаная временно избыточно увлажнённая почва (Гомельская обл.)							
Контроль	26,8	18,5	9,4	0,71	4,1	0,34	2,5
P60K60	28,1	18,7	9,2	0,68	3,7	0,38	2,8
P60K120	28,0	18,9	9,1	0,67	3,1	0,36	3,2
<i>Среднее</i>	<i>27,6</i>	<i>18,7</i>	<i>9,2</i>	<i>0,69</i>	<i>3,6</i>	<i>0,36</i>	<i>2,8</i>
Маломощная торфяная почва (Гомельская обл.)							
Контроль	25,8	17,8	9,6	0,74	3,3	0,20	2,2
P60K60	26,2	17,3	9,5	0,73	3,2	0,20	2,3
P60K120	25,1	17,7	9,6	0,75	3,3	0,19	2,6
<i>Среднее</i>	<i>25,7</i>	<i>17,6</i>	<i>9,6</i>	<i>0,74</i>	<i>3,3</i>	<i>0,19</i>	<i>2,3</i>

Примечания:

•– норматив приводится в значениях, соответствующих 1-му классу качества сена;

** – усредненные справочные значения.

При возделывании сельскохозяйственных культур на загрязнённых радионуклидами землях существует риск получения продукции с содержанием радионуклидов, превышающим РДУ-99. Этот риск обусловлен величиной перехода радионуклидов из почвы в растения. Количественным выражением величины переходов радионуклидов

является коэффициент пропорциональности (Кп). На величину Кп влияют почвенные, агрохимические, климатические факторы, биологические особенности культуры. Учет этих факторов с использованием комплекса защитных мероприятий позволяет снижать поступление радионуклидов в продукцию, уменьшая при этом радиационные риски ее производства.

При возделывании донника белого и эспарцета на дерново-подзолистых супесчаных почвах с плотностью загрязнения ^{137}Cs 14 – 15 Ки/км² содержание ^{137}Cs в зеленой массе обеих культур в несколько раз ниже предельно допустимых уровней. Удельная активность ^{137}Cs в растениях 1-го года вегетации снижается пропорционально увеличению дозы удобрений. Исследованиями установлено достоверное снижение активности ^{137}Cs в зелёной массе культур при внесении калийных удобрений в К₁₂₀ и К₁₈₀ под донник и эспарцет, соответственно (таблица 4.42).

Таблица 4.42 – Коэффициенты пропорциональности (Бк/кг : кБк/м²) и удельная активность ^{137}Cs (Бк/кг) в зеленой массе донника белого и эспарцета, выращенных на дерново-подзолистых супесчаных почвах

Варианты внесения удобрений	Могилевская область				Гомельская область	
	автоморфная		полугидроморфная глееватая		временно избыточно увлажнённая	
	1-й г.п.	2-й г.п.	1-й г.п.	2-й г.п.	1-й г.п.	2-й г.п.
Донник белый						
Контроль (без удобрений)	59,6 (0,121)*	22,4 (0,043)	14,6 (0,047)	7,8 (0,022)	0,8 (0,010)	1,4 (0,030)
P ₆₀ K ₆₀	27,6 (0,060)	21,7 (0,044)	7,0 (0,022)	7,8 (0,021)	0,8 (0,010)	1,2 (0,030)
P ₆₀ K ₁₂₀	16,5 (0,037)	27,7 (0,054)	4,3 (0,013)	9,6 (0,031)	0,9 (0,020)	2,2 (0,050)
Эспарцет						
Контроль (без удобрений)	34,2 (0,070)	7,3 (0,015)	22,8 (0,064)	8,6 (0,020)	1,5 (0,020)	1,8 (0,040)
P ₈₀ K ₁₄₀	17,0 (0,044)	5,7 (0,011)	13,8 (0,032)	7,7 (0,018)	1,7 (0,030)	2,2 (0,050)
P ₈₀ K ₁₈₀	8,1 (0,041)	8,6 (0,017)	6,6 (0,011)	5,9 (0,015)	1,0 (0,020)	1,7 (0,040)

Примечание: *в скобках приведены значения Кп

Различия по содержанию ^{137}Cs в зеленой массе 2-го года использования культур менее достоверны – увеличение дозы калия оправдывалось только в 30 % случаев.

Растения 2-го года вегетации накапливают ^{137}Cs менее интенсивно, чем растения 1-го года жизни, как на минеральных почвах, так и на торфяных почвах. Об этом свидетельствуют значительно меньшие показатели Кп радионуклида, особенно для эспарцета.

На торфяной почве накопление ^{137}Cs в зеленой массе происходит гораздо интенсивней, чем на дерново-подзолистых супесчаных почвах. При плотности загрязнения торфяной почвы ^{137}Cs около 14 Ки/км^2 (в условиях опыта) невозможно было получить нормативно чистую зеленую массу донника белого и эспарцета даже на корм КРС без внесения фосфорных и калийных удобрений. Отмечалось даже превышение максимального РДУ-99 (600 Бк/кг – зеленая масса на корм КРС с целью получения молока сырья для переработки на масло).

Внесение удобрений в количестве $\text{P}_{60}\text{K}_{120}$ под посеvy донника белого и $\text{P}_{80}\text{K}_{180}$ под эспарцет позволило существенным образом снизить концентрацию ^{137}Cs в зеленой массе культур.

Содержание в зеленой массе донника белого и эспарцета ^{90}Sr находилось в пределах допустимого уровня при плотности загрязнения торфяной почвы $0,4 \text{ Ки/км}^2$. Удельная активность ^{90}Sr в зеленой массе донника белого составляла при этом $14,1\text{--}36,0 \text{ Бк/кг}$, эспарцета – $10,3\text{--}26,7 \text{ Бк/кг}$ (таблица 4.43).

Таблица 4.43 – Коэффициенты пропорциональности ($\text{Бк/кг} : \text{кБк/м}^2$) и удельная активность ^{90}Sr (Бк/кг) в зеленой массе донника белого и эспарцета (Гомельская область)

Варианты внесения удобрений	Дерново-подзолистая супесчаная временно избыточно увлажнённая почва		Маломощная торфяная почва	
	1-й г.п.	2-й г.п.	1-й г.п.	2-й г.п.
Донник белый				
Контроль (без удобрений)	54,9 (3,4)*	153,4 (9,6)	26,3 (1,9)	36,0 (2,9)
$\text{P}_{60}\text{K}_{60}$	51,5 (3,4)	105,6 (7,0)	21,7 (1,6)	29,0 (2,2)
$\text{P}_{60}\text{K}_{120}$	56,7 (3,7)	114,5 (7,5)	14,1 (1,0)	23,1 (1,6)
Эспарцет				
Контроль (без удобрений)	63,8 (4,5)	95,9 (1,8)	26,7 (1,9)	14,6 (1,4)
$\text{P}_{80}\text{K}_{140}$	60,2 (3,3)	85,3 (1,2)	24,1 (1,7)	12,7 (1,1)

$P_{80}K_{180}$	58,4 (3,8)	85,6 (1,5)	16,4 (1,3)	10,3 (0,6)
-----------------	---------------	---------------	---------------	---------------

Примечание: * – в скобках приведены значения Кп

В то же время существует риск получения продукции по содержанию ^{90}Sr выше норматива на дерново-подзолистой супесчаной почве с такой же плотностью загрязнения ($0,4 \text{ Ки/км}^2$). На супесчаных почвах даже при внесении фосфорно-калийных удобрений в дозах $P_{60}K_{120}$ и $P_{80}K_{180}$ проблематично добиться нормативно чистой по содержанию ^{90}Sr зеленой массы обеих культур для получения цельного молока (содержание ^{90}Sr в зеленой массе составляет $51,5\text{--}153,4 \text{ Бк/кг}$ при нормативе – не более 37 Бк/кг). Вместе с тем полученную зеленую массу можно использовать в кормовых целях для дальнейшего получения молока-сырья для переработки на масло (содержание ^{90}Sr не превышает 185 Бк/кг).

Итак, получение зеленой массы бобовых трав донника и эспарцета, соответствующей РДУ-99 по содержанию ^{137}Cs возможно на дерново-подзолистых супесчаных почвах, по содержанию ^{90}Sr – на торфяных почвах. На торфяных почвах лимитирующим фактором производства нормативно чистой продукции является загрязнение ^{137}Cs , на супесчаных – загрязнение ^{90}Sr . Для обеспечения производства зелёных кормов на основе донника белого и эспарцета целесообразно внесение минеральных удобрений в дозе $P_{60}K_{120}$ и $P_{80}K_{180}$, соответственно. Это позволяет при высоком зоотехническом качестве кормов обеспечивать их радиологическое качество.

Установлено, что предельно допустимая плотность загрязнения почвы ^{137}Cs при производстве нормативно чистых кормов из донника белого и эспарцета для получения молока цельного и молока-сырья, соответствующих РДУ-99, на дерново-подзолистых супесчаных почвах разной гидроморфности при содержании обменного калия 140 мг/кг почвы и выше в Могилевской и Гомельской областях превышает 40 Ки/км^2 . Следовательно, на дерново-подзолистых супесчаных почвах возможно гарантированное получение нормативно чистых по содержанию ^{137}Cs зеленой массы и сена из донника белого и эспарцета без риска по радиационному фактору на всех категориях земель, разрешенных для ведения сельскохозяйственного производства. В связи высокими переходами ^{137}Cs в продукцию на торфяных почвах при содержании обменного калия 200 мг/кг почвы и выше производство кормов из донника белого и эспарцета на них имеет ограничения (таблица 4.44).

Донник белый возможно выращивать на зеленый корм для производства цельного молока без внесения удобрений при плотности загрязнения торфяных почв ^{137}Cs не более $1,7 \text{ Ки/км}^2$. При применении рекомендуемых доз удобрений, ограничение по плотности загрязнения данных почв расширяется в 1,9–2,8 раз. При использовании донника белого на сено на торфяной почве, его выращивание возможно при плотности загрязнения сельхозугодий не более $8,2 \text{ Ки/км}^2$.

Таблица 4.44 – Ограничения плотности загрязнения торфяных почв ^{137}Cs при возделывании донника белого и эспарцета

Дозы удобрений	Плотность загрязнения почвы ^{137}Cs , Ки/км ²			
	Зеленая масса		Сено	
	для цельного молока (165 Бк/кг*)	для молока-сырья (600 Бк/кг*)	для цельного молока (1300 Бк/кг*)	для молока-сырья (1850 Бк/кг*)
Донник белый				
Контроль	1,7	6,3	2,9	4,2
P ₆₀ K ₆₀	3,3	12,1	5,6	8,0
P ₆₀ K ₁₂₀	4,8	17,6	8,2	11,6
Эспарцет				
Контроль	2,2	8,1	3,8	5,3
P ₈₀ K ₁₄₀	3,9	14,1	6,5	9,3
P ₈₀ K ₁₈₀	9,3	33,8	15,7	22,3

Примечание: * – значение РДУ-99

При производстве кормов для получения молока-сырья существуют ограничения по плотности загрязнения почв ^{137}Cs при возделывания донника белого на зеленую массу – не более $17,6 \text{ Ки/км}^2$, на сено – не более $11,6 \text{ Ки/км}^2$ на фоне внесения P₆₀K₁₂₀. Зеленая масса и сено эспарцета на корм КРС для производства цельного молока, соответствующего РДУ по содержанию ^{137}Cs , могут быть получены при плотности загрязнения торфяных почв ^{137}Cs $15,7$ и $9,3 \text{ Ки/км}^2$, соответственно. При использовании молока на переработку возможно возделывание эспарцета на землях с плотностью загрязнения ^{137}Cs не более $22,3$ и $33,8 \text{ Ки/км}^2$ при условии использования рекомендуемой дозы минеральных удобрений (P₈₀K₁₈₀).

В отношении пригодности почв, загрязненных ^{90}Sr , установлено, что зелёная масса донника белого может использоваться на корм КРС для получения молока цельного при его возделывании на дерново-подзолистых супесчаных почвах при рН до 6,7 с плотностью загрязнения ^{90}Sr не более $0,1–0,2 \text{ Ки/км}^2$. Для получения молока сырья – при плотностях не более $0,5–0,7 \text{ Ки/км}^2$ (таблица 4.45).

Эспарцет, идущий на корм КРС для получения молока цельного, следует возделывать на почвах, загрязнённых ^{90}Sr не более 0,6–0,8 Ки/км². Для получения молока-сырья, идущего на переработку на масло, ограничений по плотности загрязнения почвы ^{90}Sr не существует.

Таблица 4.45 – Ограничение плотности загрязнения дерново-подзолистых супесчаных почв ^{90}Sr при возделывании донника белого и эспарцета

Дозы удобрений	Плотность загрязнения почвы ^{90}Sr , Ки/км ²			
	Зеленая масса		Сено	
	для цельного молока (37 Бк/кг*)	для молока-сырья (185 Бк/кг*)	для цельного молока (260 Бк/кг*)	для молока-сырья (1300 Бк/кг*)
Донник белый				
Без удобрений	0,1	0,5	0,3	1,6
P ₆₀ K ₆₀	0,2	0,7	0,3	1,7
P ₆₀ K ₁₂₀	0,1	0,7	0,3	1,4
Эспарцет				
Без удобрений	0,6	>3,0	0,9	>3,0
P ₈₀ K ₁₄₀	0,8	>3,0	1,3	>3,0
P ₈₀ K ₁₈₀	0,7	>3,0	1,1	>3,0

Примечание: * – значение РДУ-99

Производство нормативно чистых кормов из донника белого, используемого на корм КРС для получения молока цельного, возможно на торфяных почвах при рН 5,5, загрязнённых ^{90}Sr до 0,8 Ки/км² (таблица 4.46). При этом получение сена указанной культуры возможно при плотности загрязнения ^{90}Sr до 1,2 Ки/км². При применении рекомендуемых доз удобрений возделывание донника белого для производства молока-сырья возможно без ограничений по плотности загрязнения торфяных почв ^{90}Sr .

Ограничения по плотности загрязнения торфяных почв ^{90}Sr при возделывании эспарцета на зеленую массу и сено для получения молока цельного составляют 1,0 Ки/км² и 1,5 Ки/км² соответственно. Без ограничений по плотности загрязнения торфяных почв ^{90}Sr можно возделывать эспарцет для производства молока-сырья.

Таким образом, при производстве кормов из донника белого и эспарцета на загрязнённых радионуклидами почвах следует исходить из полученных результатов экспериментальных исследований. В случае невозможности получения нормативно чистой по содержа-

нию радионуклидов зеленой массы донника белого и эспарцета на землях, загрязненных радионуклидами, целесообразно возделывание этих культур на семена. Семена донника белого и эспарцета получают с первого укоса. Урожай семян значительно повышается при размещении на посевах в период массового цветения пчелиных ульев.

Таблица 4.46 – Ограничение плотности загрязнения торфяных почв ^{90}Sr при возделывании донника белого и эспарцета

Дозы удобрений	Плотность загрязнения почвы ^{90}Sr , Ки/км ²			
	Зеленая масса		Сено	
	для цельного молока (37 Бк/кг*)	для молока-сырья (185 Бк/кг*)	для цельного молока (260 Бк/кг*)	для молока-сырья (1300 Бк/кг*)
Донник белый				
Без удобрений	0,4	2,2	0,7	>3,0
P ₆₀ K ₆₀	0,6	2,8	0,8	>3,0
P ₆₀ K ₁₂₀	0,8	>3,0	1,2	>3,0
Эспарцет				
Без удобрений	0,6	>3,0	0,9	>3,0
P ₈₀ K ₁₄₀	0,7	>3,0	1,0	>3,0
P ₈₀ K ₁₈₀	1,0	>3,0	1,5	>3,0

Примечание: * – значение РДУ-99

Оптимальный срок уборки *донника белого* на семена – при уборке 30–35 % бобов. Убирают прямым комбайнированием ранним утром, вечером или в пасмурную погоду, когда бобы несколько увлажнены и меньше осыпаются. Донник белый имеет растянутый период цветения и, соответственно, созревания семян, что вызывает значительные потери семян при уборке и засорение ими последующих культур (Овсянникова Г. В., 2011; Тимофеева М., 2009; Савин А. П., 2005).

Цветение *эспарцета* продолжается 30–45 дней. Верхушка кисти доцветает, а в нижнем ярусе уже начинается созревание семян, легко обрушивающихся в ветреную погоду. Важно определить период созревания, чтобы не допустить массового осыпания. Оптимальный срок начала уборки – созревание от 2/3 до 3/4 длины кисти. При опоздании с уборкой на 2 дня потери семян в сухую погоду достигают 50 %.

При хранении влажность семян должна быть не более 13 %, воздуха – не выше 50–70 %, так как бобы имеют рыхлую оболочку и лег-

ко впитывают влагу. Высота насыпи семян в закроме в теплое время года – 1,5 м, в холодное время – 2 м.

Экономическая эффективность возделывания донника белого и эспарцета на зелёную массу определялась через молочную продуктивность. При определении выручки от реализации молока учтена урожайность зелёной массы, её зоотехническое качество (количество кормовых единиц в 1 кг), количество кормовых единиц с 1 га, количество молока, получаемого при скармливании 1 кормовой единицы, закупочная стоимость молока. Затраты на производство зелёной массы включали в себя следующие статьи: обработка глифосатсодержащими гербицидами, обработка почвы (вспашка, дискование, культивация), внесение минеральных удобрений, посев, гербицидная обработка посевов, заготовка и перевозка урожая. Средняя рентабельность возделывания донника белого составила 43 %, донника – 28 %. Себестоимость производства единицы продукции и прибыль от возделывания донника белого также выше по сравнению с эспарцетом. Следовательно, с экономической точки зрения, возделывание донника белого более выгодно, чем эспарцета.

ГЛАВА 5. ПРОИЗВОДСТВО КОРМОВ

5.1. Оптимизация состава однолетних бобово-злаковых смесей на дерново-подзолистых супесчаных почвах

Почвенно-климатический потенциал Беларуси позволяет значительную часть травяных кормов для молочного скотоводства готовить из бобовых и бобово-злаковых трав. В списке достоинств травяных кормов часто называют их низкую стоимость. Действительно, себестоимость кормовой единицы у них в 3–4 раза меньше по сравнению с зерном, в 5–7 раз – по сравнению с комбикормами и в 1,8–2 раза – по сравнению с кукурузным силосом. Поэтому в странах с развитым молочным скотоводством травяные корма составляют до 60 % от питательности рационов.

В то же время одна из причин низкой продуктивности коров на отдельных предприятиях АПК Беларуси – плохое использование травяных кормов и акцент на силосно-концентратном типе кормления животных. При недостаточном или избыточном обеспечении коров элементами питания, нарушении техники кормления, одностороннем силосном или силосно-концентратном кормлении у животных развиваются алиментарные заболевания: ожирение, ацидоз рубца, кетоз, вторичная дистрофия, послеродовая гипокальциемия, гипомагниемия и др. Как правило, они протекают в клинически невыраженной форме, но распространены широко и наносят большой экономический ущерб. Экономические потери от указанных болезней складываются из недополучения молочной продукции, нарушений функции воспроизводства, сопровождающихся абортами, мертворождениями, рождением ослабленного молодняка, задержанием последа, яловостью, снижением качества молока, преждевременной выбраковкой и выбытием животных. Сумма этих потерь в масштабах республики достигает огромных размеров.

Увеличение распространенности алиментарных заболеваний связано с изменением традиционного типа кормления и содержания: с уменьшением в рационах сена, сенажа, корнеплодов, увеличением доли концентратов, силосованных кислых кормов, недостатком инсоляции и гиподинамией. При этом нарушаются рубцовое пищеварение

и обмен веществ, развиваются дистрофические изменения в органах эндокринной системы, печени, сердце, яичниках, костной ткани. В ряде хозяйств дефицит травяных кормов и их низкое качество компенсируют за счет концентратов, особенно в период раздоя. Нередко это приводит к срыву лактации и выбраковке животных, которая доходит до 40 %.

Смешанные агрофитоценозы – это перспективное направление интенсификации растениеводческой отрасли, связанное с наиболее полным и эффективным использованием биоклиматического потенциала конкретного поля. Повышение видового разнообразия агроценозов уменьшает угрозу массового развития вредителей и болезней и, соответственно, потребность в пестицидах. Насыщение смесей видами, обладающими способностью симбиотической фиксации (бобовые культуры), снижает остроту проблемы кормового белка (Ламан Н. А., 1998). Благодаря злаковому компоненту продукция смешанных агрофитоценозов содержит меньше радионуклидов по сравнению с одновидовыми посевами бобовых культур. Проведёнными исследованиями установлено, что коэффициенты перехода ^{90}Sr в зелёную массу и зерно бобово-злаковых смесей до 3 раз меньше по сравнению с одновидовыми посевами зернобобовых культур. Кроме этого, бобовые культуры обогащают почву биологически связанным азотом, обеспечивая возможность уменьшения применения минеральных азотных удобрений и способствуя, таким образом, уменьшению загрязнения окружающей среды подвижными формами соединений минерального азота.

В практике сельскохозяйственного производства смешанные посева используются давно, но соотношение компонентов в них осуществляется без учёта характера аллелопатического взаимодействия культур и особенностей почвенно-климатических регионов. Эффективность смешанных посевов зависит от правильного подбора компонентов с учётом их биологических особенностей и технологий выращивания.

Смешанные агрофитоценозы обладают целым рядом достоинств. Продуктивность двухкомпонентных смесей обычно занимает промежуточное положение между компонентами в одновидовом посеве, либо приближается к наиболее продуктивному из них. В смешанных ценозах, как правило, создаются лучшие условия для произрастания культур (Шашко К. Г. и др., 2000; Садохина Т. А., 2006; Образцов А. С., 2001). В них происходит снижение потребности в минеральном азоте за счёт биологической фиксации его бобовым компонентом. Бобовые растения, выделяя в почву фиксируемый клубенько-

выми бактериями азот, улучшают азотное питание злаковых растений. В свою очередь, злаковые культуры, поглощая азот почвы, снижают концентрацию его в почвенном растворе, стимулируя тем самым процессы азотфиксации. Происходит ослабление конкуренции за азот, что приводит к перераспределению элемента в пользу злакового компонента, способствуя накоплению его в биомассе культуры (Путырский И. Н. и др., 1998; Такунов И. П., Конанов А. С., 1995).

Содержание белка в сухом веществе продукции бобово-злаковых смесей превосходит одновидовые посевы злаковых культур. При этом обеспеченность кормовой единицы переваримым протеином близка к нормативной (105–110 г/к. ед.), а сумма незаменимых аминокислот в продукции увеличивается до 2 раз (Харьков Г. Д., Шиловская Н. Г., 2002; Новоселов Ю. К. и др., 1999).

В смешанных посевах бобовый компонент способствует улучшению не только азотного, но и фосфорного питания небобового компонента. Обладая способностью усваивать фосфор из трудно растворимых фосфатов, например, люпин не только сам обеспечивает себя фосфором, но и обогащает почвенный раствор фосфорной кислотой, доступной для усвоения злаковым компонентом (Образцов А. С., 2001).

Смешанные посевы оказывают положительное последствие на урожайность последующих культур. Так, урожай зерна озимой пшеницы при размещении её после люпино-овсяной смеси в 1,5 раза выше, чем при посеве после овса, кормовых бобов, вики и амаранта (Шпаков А. С. и др., 2002). Благодаря биологическому разнообразию бобово-злаковых травосмесей уменьшается потребность в применении пестицидов, что, в свою очередь, приводит к снижению энергетических затрат на производство и себестоимости продукции. В смешанных посевах на 27–37 % снижается себестоимость продукции и на 17–25 % затраты на 1 га по сравнению с посевом бобовых культур в чистом виде (Зиновенко А. Л. и др., 2002; Шлапунов В. Н. и др., 2007).

При возделывании однолетних двухкомпонентных травосмесей на дерново-подзолистых супесчаных почвах на зелёную массу целесообразнее бобово-овсяные и бобово-просяные посевы. Они обеспечивают наибольшую урожайность зелёной массы. Можно использовать в качестве злакового компонента при возделывании бобово-злаковых смесей яровое тритикале и ячмень. Однако урожайность зелёной массы с данных посевов в среднем в 2 раза ниже.

При использовании бобово-злаковых посевов на зерно целесообразно высевать горохо-овсяные смеси. Их урожайность более чем в 2 раза

выше по сравнению с люпино-просянными смесями. Урожайность зерна бобово-ячменных и бобово-тритикалиевых смесей не стабильна в различные вегетационные периоды. Так, например, урожай зерна тритикале в условиях засушливого года может снижаться до 3 раз.

Следовательно, для гарантированного получения высоких урожаев зерна и зелёной массы с посевов бобово-злаковых смесей предпочтительнее бобово-овсяные и бобово-просяные агрофитоценозы.

Горохо-злаковые смеси. Для получения максимального сбора зелёной массы, кормовых единиц и переваримого протеина с горохо-овсяных посевов культуры целесообразно высевать в соотношении 100 % от полной нормы высева гороха и 50 % злакового компонента (уплотнённые посевы) (таблица 5.1).

Таблица 5.1 – Продуктивность горохо-злаковых смесей при различном количественном соотношении компонентов, ц/га

Соотношение компонентов смеси	Зелёная масса			Зерно		
	урожайность	сбор корм. единиц	Сбор переваримого протеина	урожайность	сбор корм. единиц	сбор переваримого протеина
<i>овёс + горох</i>						
75% : 25%	242	31	4,6	53	53	5,7
50% : 50%	297	37	6,0	48	48	5,0
25% : 75%	259	37	6,5	50	53	5,8
50% : 100%	315	38	6,9	54	57	6,4
<i>просо + горох</i>						
75% : 25%	248	32	5,7	26	26	2,9
50% : 50%	242	35	5,3	26	26	3,1
25% : 75%	291	34	8,1	26	28	3,4
50% : 100%	244	40	6,8	26	28	3,9

В уплотнённых посевах урожайность зелёной массы на 23 % выше, чем при соотношении компонентов смеси 75 % овса и 25 % гороха и на 6 % больше, чем при высева культур в соотношении 50 % : 50 %. Наибольшая урожайность зелёной массы горохо-просяных смесей наблюдается в посевах, где культуры высеваются в соотношении 75 % : 25 %.

Максимальной продуктивностью зерна отличаются горохо-овсяные смеси, которые обеспечивают сбор кормовых единиц в среднем 53 ц/га, переваримого протеина – 5,7 ц/га. Соотношение

бобового и злакового компонента при этом составляет 100% : 50% от полной нормы высева культур в одновидовых посевах.

При аналогичном соотношении культур в *горохо-просяных* смесях, выращиваемых *на зерно*, обеспечивается наибольший сбор переваримого протеина с 1 га посевов (3,9 ц/га).

Люпино-злаковые смеси. Среди люпино-злаковых смесей наибольший сбор *зелёной массы*, переваримого протеина и кормовых единиц обеспечивают *люпино-просяные* посевы, когда культуры высеваются в соотношениях 50 % : 100 % и 25 % : 75 % злакового и бобового компонентов (таблица 5.2). При этом сбор кормовых единиц с 1 га посевов достигает 39 и 41 ц, переваримого протеина 4,7 и 5,6 ц, соответственно, а урожай зелёной массы люпино-просяных смесей в среднем на 80 % выше, чем люпино-овсяных смесей.

При выращивании *люпино-овсяных* смесей *на зелёную массу* культуры высевают в соотношении 75 % : 25 %. В этом случае продуктивность посевов достигает 41 ц/га кормовых единиц и 5,6 ц/га переваримого протеина.

Таблица 5.2 – Продуктивность люпино-злаковых смесей при различном количественном соотношении компонентов, ц/га

Соотношение компонентов смеси	Зелёная масса			Зерно		
	урожайность	сбор корм. единиц	сбор переваримого протеина	урожайность	сбор корм. единиц	сбор переваримого протеина
<i>овёс + люпин</i>						
75% : 25%	258	35	4,3	43	43	4,7
50% : 50%	223	32	3,9	38	40	5,4
25% : 75%	302	41	5,6	37	39	5,8
50% : 100%	261	39	4,7	45	45	5,6
<i>просо + люпин</i>						
75% : 25%	290	40	5,9	22	22	2,9
50% : 50%	302	39	7,0	20	20	3,1
25% : 75%	339	45	9,0	19	20	3,5
50% : 100%	378	47	9,9	23	24	4,0

Для получения *люпино-овсяного зерна* рекомендуется возделывать смеси в соотношениях 50 % : 100 % и 75 % : 25 % соответственно злакового и бобового компонентов. Данная травосмесь обеспечивает прибавку урожая зерна по сравнению с люпино-просяной смесью в среднем 20 ц/га. В целом, с увеличением доли бобового компонента

в смеси сбор переваримого протеина, как с зелёной массой, так и с зерном, возрастает.

На территории радиоактивного загрязнения лабораторией агроэкологии РНИУП «Институт радиологии» был проведен комплекс исследований по использованию бобово-злаковых смесей (Седукова Г. В. и др., 2011). Показано, что при размещении однолетних бобово-злаковых смесей по полям севооборотов необходимо учитывать плотность загрязнения земельных участков радионуклидами. При этом видовой состав и количественное соотношение компонентов в горохо-злаковых смесях не оказывает существенного влияния на параметры перехода ^{137}Cs в зелёную массу и зерно (таблица 5.3).

Таблица 5.3 – Коэффициенты перехода радионуклидов из почвы в продукцию горохо-злаковых смесей, Бк/кг : кБк/м²

Соотношение компонентов смеси	^{137}Cs		^{90}Sr	
	зелёная масса	зерно	зелёная масса	зерно
<i>овёс + горох</i>				
75% : 25%	0,07	0,10	4,2	3,0
50% : 50%	0,06	0,09	4,8	2,7
25% : 75%	0,07	0,10	4,7	3,5
50% : 100%	0,07	0,08	4,6	3,3
<i>просо + горох</i>				
75% : 25%	0,07	0,07	11,1	3,0
50% : 50%	0,06	0,07	12,8	3,5
25% : 75%	0,06	0,10	15,6	4,9
50% : 100%	0,07	0,11	15,5	5,7

Увеличение доли гороха не приводит к повышению накопления ^{137}Cs в урожае по сравнению с одновидовыми посевами, так как для данной культуры коэффициенты перехода радионуклида сходны с аналогичными показателями для злаковых культур.

Однако в зависимости от видового состава параметры перехода ^{90}Sr в зелёную массу горохо-злаковых смесей различаются до 3 раз. Наибольшие параметры перехода в зелёную массу характерны для горохо-просяных смесей. Максимальный Кп ^{90}Sr в зелёную массу и зерно горохо-просяных смесей отмечен при высевах злакового и бобового компонентов в соотношениях 25 % : 75 % и 50 % : 100 %.

Соотношение бобового и злакового компонентов в посевах горохо-овсяных смесей не оказывает заметного влияния на параметры перехода ^{90}Sr в зелёную массу и зерно. Коэффициенты перехода ^{137}Cs и ^{90}Sr для продукции люпино-злаковых агрофитоценозов почти в 2 раза выше, чем для горохо-злаковых смесей, что обусловлено спо-

способностью люпина аккумулировать данные радионуклиды в значительно большем количестве (до 2,5–5 раз), чем горох (таблица 5.4).

На загрязнённых ^{137}Cs территориях рекомендуется высевать люпино-овсяные смеси, так как для них характерны минимальные $K_{\text{п}}^{137}\text{Cs}$ в продукцию. Как было установлено, в среднем $K_{\text{п}}^{137}\text{Cs}$ в зелёную массу люпино-овсяной смеси в 1,4 раза, в зерно – в 2,5 раза ниже, чем в продукцию люпино-просяной смеси.

С целью минимизации параметров перехода ^{137}Cs в продукцию (зелёную массу и зерно) люпино-овсяных смесей посев их наиболее предпочтительный в соотношении 25 % бобового компонента и 75 % злакового.

Таблица 5.4 – Коэффициенты перехода радионуклидов в продукцию люпино-злаковых смесей, Бк/кг : кБк/м²

Соотношение компонентов смеси	^{137}Cs		^{90}Sr	
	зелёная масса	зерно	зелёная масса	зерно
<i>овёс + люпин</i>				
75% : 25%	0,06	0,10	4,7	3,7
50% : 50%	0,09	0,15	5,9	4,3
25% : 75%	0,13	0,16	5,4	4,3
50% : 100%	0,09	0,11	5,8	3,9
<i>просо + люпин</i>				
75% : 25%	0,14	0,16	8,2	3,5
50% : 50%	0,11	0,25	9,1	5,9
25% : 75%	0,14	0,42	10,4	6,7
50% : 100%	0,12	0,48	9,3	6,9

Возделывание люпино-просяных смесей на зелёную массу с разным соотношением компонентов в смеси не влияет существенным образом на показатели $K_{\text{п}}^{137}\text{Cs}$. Для получения зерна культуры целесообразно проводить посев семян в соотношении 75 % проса и 25 % люпина. При таком соотношении параметры перехода ^{137}Cs в зерно люпино-просяной смеси минимальные.

На дерново-подзолистых супесчаных почвах, загрязнённых ^{90}Sr , рекомендуется предпочтение отдавать люпино-овсяным посевам, для которых характерны более низкие (в среднем в 1,7 раза для зелёной массы и в 1,4 раза для зерна) параметры перехода данного радионуклида по сравнению с люпино-просяными посевами.

При производстве люпино-овсяных смесей соотношение бобового и злакового компонента является в пропорции 25 % : 75 %. Такое же соотношение рекомендуется и при возделывании люпино-просяных смесей. Увеличение доли бобового компонента в смеси

может приводить к повышению K_p ^{90}Sr в зерно люпино-злаковых фитоценозов до 2 раз.

На параметры перехода радионуклидов влияют не только соотношение культур в смесях, но и агрохимические показатели почвы. Так, с увеличением содержания обменного калия в дерново-подзолистой супесчаной почве показатели K_p ^{137}Cs для зелёной массы бобово-злаковых смесей уменьшаются (таблица 5.5).

Таблица 5.5 – Коэффициенты перехода ^{137}Cs в зелёную массу бобово-злаковых смесей в зависимости от содержания обменного калия в почве, Бк/кг : кБк/м²

Культура	Содержание K_2O , мг/кг почвы					
	<80	80-140	140-200	200-300	300-400	>400
Горохо-овсяная смесь	0,23	0,17	0,14	0,13	0,09	0,06
Люпино-овсяная смесь	0,29	0,23	0,18	0,13	0,08	0,06

Одновременно нейтрализация обменной кислотности почвы способствует снижению миграции ^{90}Sr в зелёную массу бобово-злаковых смесей (таблица 5.6.).

Таблица 5.6 – Коэффициенты перехода ^{90}Sr в зелёную массу бобово-злаковых смесей в зависимости от обменной кислотности почвы, Бк/кг : кБк/м²

Культура	Кислотность, pH_{KCl}						
	<4,5	4,5-5,0	5,01–5,5	5,51–6,0	6,01–6,5	6,51–7,0	>7,0
Горохо-овсяная смесь	7,77	6,10	3,45	2,51	2,39	1,86	1,66
Люпино-овсяная смесь	5,90	5,61	5,36	5,12	4,90	4,70	–

Из показателей таблицы 5.6 следует, что более выраженное влияние кислотности почвы на величину K_p ^{90}Sr характерно для горохо-овсяной смеси. Поэтому целесообразно при размещении горохо-злаковых смесей на загрязнённых радионуклидами землях предпочтительно отдавать почвам с нейтральной или близкой к нейтральной реакцией среды, в то время как люпино-овсяные посевы можно размещать на почвах с более кислой реакцией среды.

Из изложенных выше данных можно заключить, что через возделывание бобовых культур в смесях со злаковыми, по сравнению с их одновидовыми посевами, можно расширить до 2 раз возможности использования загрязнённых радионуклидами земель.

Возделывание люпина в смеси с просом при соотношении бобового и злакового компонента 75 % : 25 % и 100 % : 50 % ограничива-

ется загрязнением почв ^{137}Cs . Производство нормативно чистого зерна данной смеси возможно при плотности загрязнения почвы ^{137}Cs не более 15 Ки/км^2 .

Для остальных двухкомпонентных бобово-злаковых смесей лимитирующим фактором является загрязнение почв ^{90}Sr . Для них установлены предельные плотности загрязнения ^{90}Sr дерново-подзолистой супесчаной почвы (таблица 5.7).

Таблица 5.7 – Предельные плотности загрязнения дерново-подзолистых супесчаных почв ^{90}Sr для производства нормативно чистой животноводческой продукции, Ки/км^2

Соотношение компонентов смеси	Цельное молоко		Молоко-сырье	
	зелёная масса	зерно	зелёная масса	зерно
Горохо-злаковые смеси				
Горох 25 %: овёс 75%	0,2	0,8	1,1	>3
Горох 50 %: овёс 50%	0,2	0,9	0,9	>3
Горох 75 %: овёс 25%	0,2	0,7	1,0	>3
Горох 100 %: овёс 50%	0,2	0,7	0,9	>3
Горох 25 %: просо 75%	0,1	0,7	0,4	>3
Горох 50 %: просо 50%	0,1	0,6	0,4	>3
Горох 75 %: просо 25%	0,1	0,5	0,3	2,3
Горох 100 %: просо 50%	0,1	0,4	0,3	2,0
Люпино-злаковые смеси				
Люпин 25 %: овёс 75%	0,2	0,7	1,0	>3
Люпин 50 %: овёс 50%	0,2	0,6	0,8	2,9
Люпин 75 %: овёс 25%	0,2	0,6	0,9	>3
Люпин 100 %: овёс 50%	0,2	0,6	0,8	>3
Люпин 25 %: просо 75%	0,1	0,6	0,5	>3
Люпин 50 %: просо 50%	0,1	0,4	0,5	2,0
Люпин 75 %: просо 25%	0,1	0,4	0,4	1,9
Люпин 100 %: просо 50%	0,1	0,4	0,5	1,8

При наличии в хозяйствах почв с плотностью загрязнения ^{90}Sr свыше $0,2 \text{ Ки/км}^2$ предпочтение целесообразно отдавать возделыванию бобово-злаковых смесей на зерно.

При молочной специализации сельскохозяйственной организации. Для производства цельного молока пригодно зерно горохо-овсяных смесей, выращенных на дерново-подзолистых супесчаных почвах с плотностью загрязнения ^{90}Sr до $0,9 \text{ Ки/км}^2$ при соотношении компонентов смеси 50 % : 50 %. При плотности загрязнения до $0,7 \text{ Ки/км}^2$ доля гороха в смеси может быть увеличена до 100 %. Горохо-просяные и люпино-овсяные смеси при аналогичной плотности загрязнения почв могут высеваться в соотношении 25 % : 75 %.

Производство нормативно чистой *зелёной массы* бобовых культур в смеси с овсом, независимо от количественного соотношения культур, возможно при плотности загрязнения почвы до $0,2 \text{ Ки/км}^2$.

Для производства молока-сырья пригодно зерно горохо-овсяных смесей (независимо от соотношения бобового и злакового компонентов в смеси), выращенных на дерново-подзолистых супесчаных почвах с плотностью загрязнения ^{90}Sr до 3 Ки/км^2 . При аналогичной плотности загрязнения для получения зерна, соответствующего РДУ по содержанию радионуклидов, рекомендуется горохо-просяные смеси высевать в соотношениях горох 25 % : просо 75 % или горох 50 % : просо 50 %, люпино-овсяные смеси в соотношениях люпин 25 % : овёс 75 %, люпин 75 % : овёс 25 %, люпин 100 % : овёс 50 %, люпин с просом в соотношении 25 % : 75 % (Седукова Г. В. и др., 2011).

При плотности загрязнения почвы ^{90}Sr до 1 Ки/км^2 для производства нормативно чистой зелёной массы гороха в смеси с овсом рекомендуется высевать в соотношении 25 % : 75 %, люпин с овсом – 25 % : 75 %.

При специализации сельскохозяйственной организации на производстве мяса в связи с отсутствием норматива на содержание ^{90}Sr в продукции растениеводства, используемой для скармливания животным, ограничений по плотности загрязнения почв для возделывания бобово-злаковых смесей нет. Предпочтение рекомендуется отдавать наиболее продуктивным смесям: горох в смеси с овсом в соотношении 100 % : 50 %, горох в смеси с просом в соотношении 75 % : 25 % или 100 % : 50 %, люпин в смеси с овсом в соотношении 75 % : 25 % (для производства зелёной массы), 100 % : 50 % (для производства зерна), люпин с просом в соотношении 100 % : 50 %.

Возделывание люпина в смеси с просом при соотношении бобового и злакового компонента 75 % : 25 % и 100 % : 50 % ограничивается загрязнением почв ^{137}Cs . Производство нормативно чистого зерна данных культур возможно при плотности загрязнения почвы ^{137}Cs не более 15 Ки/км^2 .

В исследованиях лаборатории агроэкологии РНИУП «Институт радиологии» изучалась эффективность применения биопрепаратов и регуляторов роста в посевах люпино-овсяной смеси. В качестве биопрепаратов использовался фитостимофос и инокулят для люпина.

Фитостимофос – предназначен для инокуляции семян зерновых и зернобобовых культур перед посевом. Ростостимулирующий биопрепарат (ТУ РБ 100289066.022-2002–*Enterobacter Sp.27, Flavobacterium Sp.25*), осуществляющий микробиологическую трансформацию

труднорастворимых фосфатов почвы и удобрений в доступную растением форму. Они способны колонизировать корни небобовых культур, образуя тесную ассоциацию.

Инокулят для люпина – рекомендуется для инокуляции семян зернобобовых культур. Это препарат симбиотических клубеньковых бактерий *Rhizobium lupini*, титр 3-6 млрд. КОЕ/мл, субстратом-носителем которого является органический сапропель. Штамм клубеньковых бактерий имеет повышенную способность к синтезу ауксина.

В качестве регулятора роста также применялся эпин, в виде 0,025 % раствора. Это препарат на основе эпибрассинолида, который относится к классу природных фитогормонов брассиностероидов. Он является биорегулятором роста и развития растений, антистрессовым адаптогеном, который повышает устойчивость растений к неблагоприятным факторам внешней среды (погодные условия, болезни, ядохимикаты и т. п.).

Эффективность биопрепаратов и регуляторов роста изучалась на люпино-овсяной смеси (при норме высева компонентов 50 % : 50 %). Обработку семян овса фитостимифосом и люпина инокулятом проводили в день посева из расчета 1 л препарата на 1 т семян. Обработка посевов эпином осуществлялась в фазу бутонизации бобового компонента смеси из расчёта 50 мл/га.

Показано, что применение фитостимифоса, инокулята для люпина и эпина способствует увеличению урожая люпино-овсяной смеси. Для достижения максимальной продуктивности люпино-овсяной смеси эффективна обработка семян овса фитостимифосом. Одновременная обработка семян овса и люпина фитостимифосом и инокулятом не целесообразна (таблица 5.8).

Обработка вегетирующих растений эпином незначительно повышала урожайность люпино-овсяной смеси.

Таблица 5.8 – Влияние обработки семян биопрепаратами и применения регулятора роста на продуктивность люпино-овсяной смеси, ц/га

Вариант	Урожайность	Сбор кормовых единиц	Сбор переваримого протеина
<i>Зелёная масса</i>			
Без обработки	162	31	3,6
Обработка семян люпина инокулятом	278	34	3,8
Обработка семян овса фитостимифосом	280	47	3,7

Обработка семян люпина инокулятом+ обработка семян овса фитостимифосом	213	33	2,9
Обработка вегетирующих растений эпином	164	30	1,8

Продолжение таблицы 5.8

<i>Зерно</i>			
Без обработки	40	40	4,8
Обработка семян люпина инокулятом	44	47	4,8
Обработка семян овса фитостимифосом	50	50	5,0
Обработка семян люпина инокулятом+ обработка семян овса фитостимифосом	48	49	5,3
Обработка вегетирующих растений эпином	43	44	4,8

В результате применения биопрепаратов и регулятора роста существенно уменьшались показатели Кп ^{137}Cs и ^{90}Sr в зелёную массу люпино-овсяной смеси. Одновременное применение инокулята и фитостимифоса до 2 раз снижало величину накопления ^{137}Cs и до 1,5 раз – ^{90}Sr (таблица 5.9).

Таблица 5.9 – Влияние обработки семян биопрепаратами и посевов стимулятором роста на коэффициенты перехода радионуклидов в продукцию люпино-овсяной смеси, Бк/кг:кБк/м²

Вариант	^{137}Cs	^{90}Sr
<i>Зелёная масса</i>		
Без обработки	0,10	6,2
Обработка семян люпина инокулятом	0,07	2,2
Обработка семян овса фитостимифосом	0,08	3,2
Обработка семян люпина инокулятом+ обработка семян овса фитостимифосом	0,05	4,3
Обработка вегетирующих растений эпином	0,08	3,7
<i>Зерно</i>		
Без обработки	0,16	4,6
Обработка семян люпина инокулятом	0,13	1,8
Обработка семян овса фитостимифосом	0,12	2,1
Обработка семян люпина инокулятом + обработка семян овса фитостимифосом	0,09	2,4
Обработка вегетирующих растений эпином	0,12	3,1

Кроме зеленой массы изучено влияние препаратов на миграцию радионуклидов в зерно. Применение биопрепаратов способствовало снижению показателей K_p ^{90}Sr для зерна люпино-овсяной смеси. Наибольший радиологический эффект был достигнут при обработке семян инокулятом и фитостимифосом. Применение только инокулята или фитостимифоса уменьшало переход радионуклида в зерно в 2,6 и 2,2 раза, соответственно. Меньший положительный эффект отмечен при использовании эпина для обработки вегетирующих растений (снижение K_p ^{90}Sr в 1,5 раза).

В проведенных исследованиях, кроме радиологических показателей, уделялось внимание выяснению экономической эффективности. Она показала, что наиболее рентабельно для получения зелёной массы возделывать люпино-просяные смеси. Максимальную рентабельность обеспечивают посеы при соотношении люпин 25 % : просо 75 %. А вот производство горохо-овсяных смесей на зелёную массу независимо от соотношений компонентов экономически не выгодно. Положительную рентабельность обеспечивают горохо-просяные посеы при соотношении горох 25 % : просо 75 % и горох 50% : просо 50%.

Производство фуражного зерна рентабельно при возделывании культур в смесях. Максимальную рентабельность обеспечивают люпино-просяные смеси при соотношении люпин 25 % : просо 75%. Среди горохо-злаковых смесей наиболее рентабельно возделывание смеси в соотношении горох 25 % : просо 75 %. Нецелесообразно возделывать горох с овсом и просо в уплотнённых посевах (горох 100 % : овёс 50 %, горох 100 % : просо 50 %).

В целом, наиболее эффективно возделывание смесей, в которых соотношение бобовой и злаковой культур составляет 1:3 или 25 % бобового компонента и 75 % злакового компонента. Это объясняется тем, что бобовый компонент, имея более низкую урожайность зерна, по сравнению со злаковыми культурами, снижает урожайность смеси в целом.

5.2. Использование в схеме зелёного конвейера пайзы, сорго, могара, чумизы, суданской травы и сорго-суданкового гибрида

Известно, что один гектар сельхозугодий, используемый для производства зеленых кормов, позволяет получать на 18–20 % больше продукции животноводства, чем для производства консервированных кормов. Не все сельхозпредприятия республики имеют возможности в летний период обеспечивать собственное животноводство в нужных

объемах зеленым кормом за счет пастбищ, так как последние из-за несовершенства видового состава травостоя, слабой обеспеченности элементами питания, дефицита влаги имеют низкую продуктивность. Кроме того, пастбищам свойственна неравномерность прироста зеленой массы в течение вегетационного периода. Если в мае нарастает 12–15 % годового урожая травы, то в июне-июле – до 30 %, в августе – до 17–19 %, а в сентябре – до 12 %. Заметные изменения климата в сторону потепления, участвовавшие периоды с дефицитом влаги в почве привели к тому, что в 7–8 из каждых 10 лет в июле-августе пастбища «выгорают» (особенно на легких почвах), из-за чего теряется большое количество молочной продукции. Видовой состав засухоустойчивых культур ограничен, что не позволяет стабильно компенсировать недостаток пастбищной травы. Поэтому необходим поиск более широкого спектра кормовых культур, различающихся сроками созревания, возможностью давать не менее 2 укосов за вегетационный период, обладающих высоким энергетическим потенциалом и пригодными для возделывания в конкретных почвенно-климатических условиях. Это в полной мере относится и к территории радиоактивного загрязнения.

Производство нормативно чистой по содержанию радионуклидов, конкурентоспособной сельскохозяйственной продукции является условием постепенного восстановления хозяйственного потенциала и дальнейшего устойчивого развития пострадавших в результате катастрофы на ЧАЭС регионов, интеграции в экономический комплекс страны. Полноценное и сбалансированное питание сельскохозяйственных животных является не только необходимым условием повышения продуктивности, но и эффективной контрмерой для снижения содержания радионуклидов в продукции животноводства.

В настоящее время базисной системой кормления животных является зернокормовая, ориентированная на производство кормов преимущественно за счет кукурузы и однолетних трав. Вместе с тем кукуруза, на долю которой в полевом кормопроизводстве приходится около 40 % объема заготавливаемых кормов, в отдельные годы не обеспечивает высокий урожай зеленой массы. Варьирование урожайности этой культуры по годам достигает 50 %. В условиях рискованного земледелия невозможно возделывать одну ведущую кормовую культуру. В этой связи перспективными альтернативными высокопродуктивными кормовыми культурами могут являться пайза, сорго, могогар, чумиза, суданская трава, сорго-суданковый гибрид, которые способны сформировать урожай зеленой массы до

500 ц/га (чумиза, могар) и 800 ц/га (сорго, суданская трава, сорго-суданковый гибрид, пайза).

Дополнение схемы зеленого конвейера кормами из вышеперечисленных культур может в значительной степени улучшить обеспеченность животных нормативно чистыми зелеными кормами, особенно в засушливые годы. Так как данные культуры для Полесского региона сравнительно новые, следует выяснить некоторые биологические особенности и технологии возделывания этих кормовых культур.

Пайза – однолетняя культура, может использоваться в виде зерна, зеленого корма, сена, сенажа, силоса. В 100 кг зелёной массы содержится 12–13 к. ед. и 1,5–1,6 кг переваримого протеина. Пайза вырастает до 2 метров высотой. Корневая система мощная, мочковатая. Листья широколинейные. Соцветие – кистевидная удлинённая плотная метёлка. В колосе 3 колосковые чешуи и 1 обоеполюый цветок. Зерновка округлая. Масса 1000 зерен – 2,5–4,1 г. Семена прорастают при температуре почвы 10–12°C. Заморозки до -2°C губительно действуют на весенние всходы. Ее следует размещать на почвах с кислотностью рН не ниже 5,5. Лучшие предшественники – пропашные и зернобобовые. Обработка почвы такая же, как и для традиционных культур: осенью-зяблевая вспашка на глубину пахотного горизонта с полным оборотом пласта, весной – предпосевная культивация с боронованием, выравнивание и прикатывание кольчатыми катками. Посев пайзы проводится во второй половине мая месяца на глубину 3–4 см. Норма высева семян 12–15 кг/га всхожих семян. При появлении всходов сорняков допускается довсходовое (на 8–10 день после посева) боронование легкими или сетчатыми боронами. В фазу 3–4 листьев культуры для борьбы с сорняками проводят химпрополку гербицидом 2,4 Д в дозе 1,2–1,6 л/га или дезормоном – 1,0–1,3 л/га, или луварамом – 1,0–1,3 л/га, а в фазу кущения (при необходимости) агритоксом–1,2 л/га. Уборку на зелёный корм следует проводить в фазу полного вымётывания метёлки, когда культура достигает кормовой спелости. Основной возделываемый в Беларуси сорт российско-белорусской селекции – Удалая-2. (Шелюто А. А., и др., 2009; Седукова Г. В. и др., 2010).

Сорго – род однолетних и многолетних травянистых растений семейства злаковых. Род сорго по признакам хозяйственного использования разделяется на четыре больших группы: зерновое, сахарное, веничное и травянистое. В 100 кг зеленой массы содержится 20–25 к. ед. Корневая система мочковатая, мощно развитая. Стебель высотой 2,5–3 м. Листья ланцетовидные. Соцветие – метелка, длиной 10–40 см. Сорго относится к самоопылителям со склонностью к пере-

крестному опылению, которое в зависимости от вида составляет 3,3–16,6%. Плод – зерновка. Масса 1000 зерен – 20–30 г (Кадыров С. В. и др., 2008; Седукова Г. В. и др., 2010). Семена сорго начинают прорасти при температуре 8–9°C. При понижениях до -3°C всходы его погибают. Оптимальная кислотность почвы должна находиться в пределах 5,6–7,5 рН. Лучшие предшественники – озимая пшеница, зернобобовые, а также ячмень, овес, горох, рапс. Обычная зяблевая обработка включает: дисковое лушение стерни на 8–10 см; отвальную вспашку или безотвальную плоскорезную обработку после отрастания сорняков на глубину 20–30 см. За 2–3 недели до посева сорго применяют гербициды сплошного действия (раундап, торнадо и др.) в дозе 2,5–5 л/га в зависимости от засоренности поля. Предпосевную культивацию проводят на глубину заделки семян. Обычный рядовой посев используют при возделывании сорго на зеленый корм или сено на чистых от сорняков полях с нормой высева 18–20 кг/га. На засоренных полях, в условиях недостаточного увлажнения более эффективен широкорядный способ посева при норме 8–10 кг/га. Глубина посева семян сорго – 4–5 см. Агротехнические приемы ухода за посевами сорго – послепосевное прикатывание, боронование до и по всходам.

На зеленую подкормку сахарное сорго начинают косить по необходимости, но при высоте растений не ниже 50 см. Высота скашивания растений – не менее 10–12 см. На сено и сенаж сахарное сорго убирают до начала выметывания, метелки при высоте растений 100–120 см. Зеленая масса сорго содержит гликозид дуррин, который гидролизуется в синильную кислоту и может вызывать отравления. Свежескошенную зеленую массу необходимо провялить перед скармливанием скоту. За 2–3 часа провяливания гликозид разлагается.

В республике в Государственный реестр сортов и древесно-кустарниковых пород занесен сорт Порумбень 4 (по всем областям), гибрид Славянское приусадебное (по Брестской обл.) (Шлапунов В. Н., 2006; Седукова Г. В. и др., 2010).

Суданская трава – однолетняя злаковая культура, используемая на кормовые цели в виде зеленой массы, сена и силоса. Питательность зеленой массы – 0,17 к. ед. Потенциальная урожайность зеленой массы достигает 1000 ц/га и более, сена – до 100 ц/га. Стебель высотой до 3 м, цилиндрический, хорошо облиственный. Соцветие – метелка прямостоячая или в разной степени поникающая, раскидистая или полусжатая. Опыление перекрестное при помощи ветра, реже самоопыляющееся. Плод – пленчатая зерновка. Масса 1000 зерновок от 6 до 15 г. Сев проводят тогда, когда почва на глубине заделки се-

мян прогреется до температуры 10–12°C. Всходы погибают при заморозках больше –2°C. Требования к почве у суданской травы невысокие. Не подходят для нее только тяжелые глинистые, кислые, заболоченные почвы с высоким стоянием грунтовых вод. Лучшими предшественниками являются озимые, вико-овсяная смесь, люпин на зеленую массу, кукуруза, кормовые корнеплоды, и другие культуры, оставляющие после себя поля чистые от сорняков. Внесение минерального азота в дозе N₆₀ является обязательным приемом при возделывании суданской травы на зеленую массу. Норма высева составляет 15–25 кг/га семян в зависимости от способа посева. Глубина заделки семян на связных почвах – 3–4 см, на легких – 5–6 см. Для борьбы с сорняками в фазу кущения применяют агритокс 500 и 590 г/л в. к. – 1,0–1,5 л/га, базагран 480 г/л в. р. – 1,0 л/га, 2,4 д.в.р.к. – 1,1–1,7 л/га, лонтрел 300, 30% в. р. – 0,3 л/га.

Суданскую траву лучше убирать в фазу начала выметывания метелки. Если суданская трава предназначена на силос, то ее убирают в начале молочной спелости семян.

В Государственный реестр Республики Беларусь внесено 3 сорта суданской травы: 2 сорта украинской селекции, которые предложены для возделывания по всей республике – Сенокосная 88 (2004 г.) и Синельниковская (2005 г.), которая является стандартом в Государственной комиссии по сортоиспытанию в Беларуси. С 2007 г. в Брестской, Гомельской и Минской областях районирован первый совместный украинско-белорусский сорт Сочностебельная 18. (Кадыров Р. М., 2008; Ульяновчик В. И., Зарецкий Ф. Н., 2009; Седукова Г. В. и др., 2010).

Сорго-суданковый гибрид выведен путем скрещивания сорго с суданской травой. В 100 кг зеленой массы содержится 18–20 к. ед. и 1,4–1,6 кг переваримого протеина. Используется на сено, сенаж, силос, зеленую массу. Формирует урожай зеленой массы на уровне 1000 ц/га и более. По отношению к природным факторам и технологии возделывания сорго-суданковый гибрид аналогичен сорго и суданской траве.

На зеленую массу сорго-суданковый гибрид скашивают в фазу начала выметывания метелки, на силос – в фазу молочно-восковой спелости, когда в вегетативной массе содержится наибольшее количество углеводов.

В Республике Беларусь созданы и районированы сорта Простор и Почин-80 [13]. (Кадыров М. А., 2004; Седукова Г. В. и др., 2010).

Могар – однолетнее растение семейства злаковых. В 100 кг зеленой массы содержится 1,8 кг переваримого протеина и 17 к. ед. Кор-

невая система мочковатая. Надземная часть растения достигает 80–150 см. Листья шершавые, соцветия — густая колосовидная метелка длиной до 25 см. Семена — зерновка. Масса 1000 зерен 1,5–3,5 грамма. Урожайность зеленой массы достигает до 600 ц/га. Семена начинают прорастать при температуре почвы 10–12°C. Всходы могоара повреждаются легкими заморозками в -2°C. Растение самоопыляющееся, но бывает и перекрестное опыление. К почвам могоар не требователен, однако не выносит почв болотных. Обработка почвы под могоар аналогична культуре пайза. Возможны способы сева как широкорядный, так и рядовой. Норма высева при широкорядном посеве — 6–10 кг/га, при рядовом — 12–20 кг/га. При использовании зеленой массы на корм и выпас лучшими сроками считается фаза до выметывания метелки. На сено зеленую массу убирают в начале выбрасывания метелок. В последнее время в Беларуси культивируется гибрид Sim 62-10/1 (Седукова Г. В. и др., 2010).

Чумиза — однолетняя культура семейства злаковых. В 100 кг зеленой массы 17,5 к. ед., 1,8 кг переваримого протеина. Стебель высотой до 2 м, листья широколанцетные, заостренные, соцветие — колосовидная метелка, цилиндрическая или веретеновидная. Плод — зерновка. Культура самоопыляющаяся, засухоустойчивая, требовательная к теплу. Семена начинают прорастать при температуре 5°C. Всходы чувствительны к заморозкам, однако уже в фазу 3–4 листьев растения становятся устойчивыми к ним. Плохо растет на кислых и заболоченных почвах. Оптимальная реакция почвенной среды рН 5,5–6,0. Лучшие предшественники чумизы — озимые зерновые, зернобобовые, картофель, корнеплоды. На зерно высевают широкорядным способом с междурядьями 45–60 см, на укос — сплошным рядовым. Норма высева на зеленый корм — 10–15 кг/га, при массе 1000 зерен 3,5–4,0 г. Глубина заделки семян на легких почвах — 4–5, на тяжелых (влажных) — 3–4 см.

На широкорядных посевах в течение вегетационного периода должно быть сделано не менее двух междурядных культиваций и одного окучивания. Окучивание проводят в фазе 6,7-го полноценного листка. Примерно в эти же сроки производят обработку посевов гербицидом (50% 2М-4Х; 2,4Д или другие аналоги из расчета 0,8 кг/га). Убирать чумизу на сено необходимо в начале выметывания метелки, на зелёный корм — на 10 дней раньше. При оптимальных основных агрохимических показателях дерново-подзолистой супесчаной почвы (обменного фосфора 200–250 мг/кг и калия 170–250 мг/кг, уровне гумусированности 2 %) фосфорно-калийные удобрения вносят в дозе

$P_{60}K_{100}$ (под вспашку), азотные – в дозе N_{60-90} (под предпосевную культивацию)

В южной зоне Беларуси погодные условия способствуют полному вызреванию семян вышеперечисленных культур, что свидетельствует о возможности производства в данном регионе качественного посевного материала. В испытании находится сорт Стрела 2 (Кадыров Р. М. и др. 2009; Седукова Г. В. и др., 2010).

Седуковой Г. В. с соавторами (2010) в условиях Гомельской области установлено, что урожайность зеленой массы в зависимости от вида кормовой культуры (пайзы, сорго, могоара, чумизы, суданской травы и сорго-суданкового гибрида) в среднем изменяется от 370 до 600 ц/га. Максимальной урожайностью зеленой массы кормовых культур характеризуется ССГ (580 ± 45 ц/га), пайза (572 ± 87 ц/га) и сорго (552 ± 65 ц/га), минимальной – чумиза (378 ± 59 ц/га) и могоар (371 ± 80 ц/га) (рисунок 5.1) (Седукова Г. В. и др., 2010).

В деляночных опытах кормовые культуры возделывались на дерново-подзолистой супесчаной почве, характеризующейся следующими агрохимическими показателями: содержание гумуса – 1,7, обменная кислотность – 5,2, содержание подвижных форм фосфора и калия – 304 и 140 мг/кг почвы, соответственно.

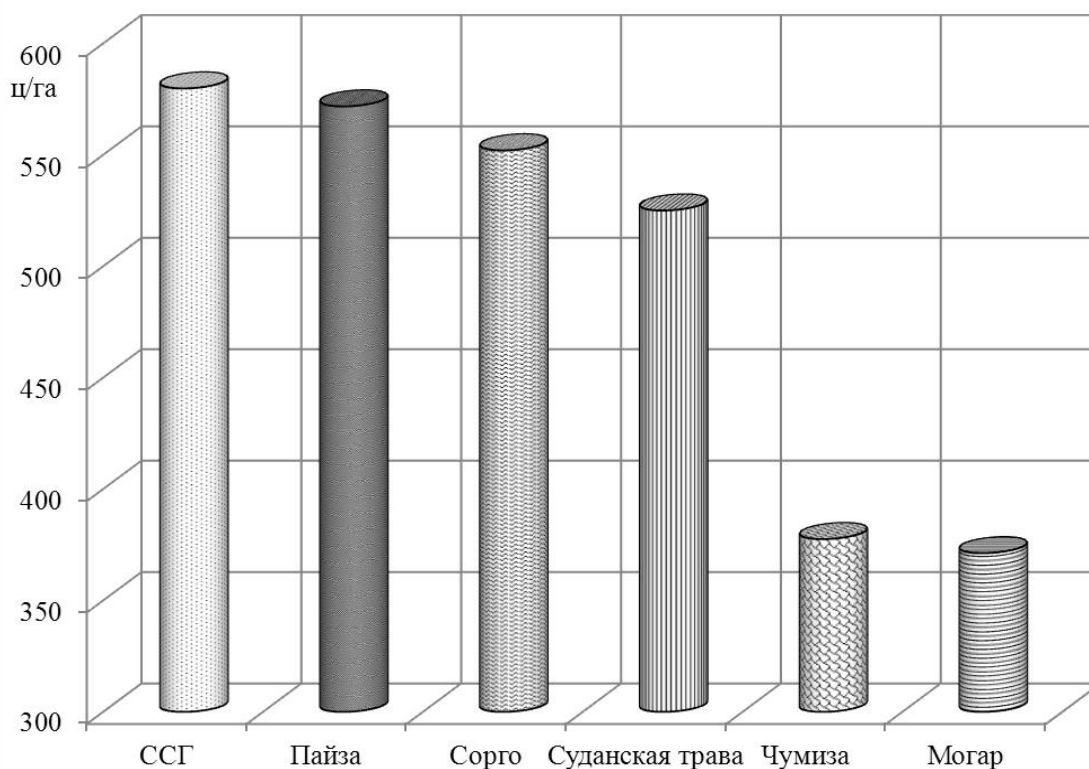


Рисунок 5.1 – Урожайность зеленой массы кормовых культур, ц/га

Вариабельность урожайности (ц/га) по годам, обусловленная различными погодными условиями возделывания, составила: у могара – 64 %, у чумизы – 47 %, у пайзы – 46 %, у сорго – 35 %, у суданской травы – 25 % и у сорго-суданкового гибрида – 23 %. Следовательно, суданская трава и сорго-суданковый гибрид более устойчивы к изменениям условий возделывания. Могар, чумиза и пайза менее стабильны.

В зеленой массе исследуемых кормовых культур содержание переваримого протеина находится на уровне 14–19 г/кг (таблица 5.10). Наиболее высоким содержанием переваримого протеина характеризуется зелёная масса пайзы и чумизы, наименьшим – зелёная масса ССГ и суданской травы.

В фазу начало выброса метёлки сорговые культуры уже содержат достаточное количество сахаров, способствующих более полному усвоению протеина из корма. В результате этого зелёная масса данных культур (сорго сахарное, суданская трава и сорго-суданковый гибрид) сбалансирована по сахаро-протеиновому отношению (оптимум 0,8–1,2).

Таблица 5.10 – Содержание переваримого протеина, сахара и клетчатки в зелёной массе кормовых культур

Культура	Переваримый протеин	Сахар	Сахаро-протеиновое отношение (норма для КРС 0,8-1,2)	Клетчатка, г/кг
	г/кг			
Пайза	19,0±3,8	12,3±5,5	0,6	61,2±8,1
Сорго сахарное	15,9±2,1	18,0±2,1	1,1	56,8±12,0
Суданская трава	14,3±2,6	18,1±2,7	1,3	60,8±5,4
ССГ	14,6±2,5	18,9±3,7	1,3	61,0±5,8
Могар	17,5±1,9	11,9±4,1	0,7	64,2±8,5
Чумиза	19,0±1,4	16,0±5,6	0,8	61,8±12,0

Нижней границе оптимального показателя соответствует и зелёная масса чумизы. У чумизы и могара при высоком содержании переваримого протеина уровень обеспеченности зелёной массы сахарами недостаточен и составляет только 65–75 % от необходимой нормы.

При возделывании пайзы, сорго сахарного, суданской травы, сорго-суданкового гибрида, могара, чумизы на дерново-подзолистой супесчаной почве, характеризующейся повышенным содержанием по-

движных форм фосфора, содержание этого элемента в зелёной массе кормовых культур находится на оптимальном уровне (норматив содержания фосфора в рационе – 0,5–0,9 г/кг) (таблица 5.11). Отношение Ca/P, свидетельствующее об эффективности всасывания магния, фосфора и кальция в пищеварительном тракте коров, не соответствует рекомендуемым показателям в зелёной массе могоара.

Содержание кальция в зелёной массе кормовых культур изменяется от 0,7 до 1,0 г/кг, что находится в пределах нормируемых величин (норма кальция в рационе 0,7–1,4 г/кг).

Таблица 5.11 – Химический состав зелёной массы кормовых культур

Культура	Ca	P	Ca/P	Mg	K	K / (Mg+Ca)
	г/кг			г/кг		
Норматив для КРС	0,7–1,4	0,5–0,9	1,6–2,0	0,3–0,5	1,3–1,6	2,2–2,4
Пайза	1,0±0,2	0,6±0,03	1,7	0,5±0,1	4,2±0,5	2,9
Сорго сахарное	1,0±0,1	0,6±0,1	1,7	0,5±0,1	5,3±0,9	3,5
Суданская трава	0,8±0,1	0,4±0,1	2,0	0,4±0,1	3,9±0,2	3,4
ССГ	0,8±0,04	0,5±0,04	1,6	0,4±0,1	4,6±0,5	3,8
Могоар	0,7±0,0	0,6±0,02	1,2	0,3±0,02	4,0±0,6	3,9
Чумиза	0,9±0,2	0,6±0,01	1,5	0,5±0,1	4,2±0,5	3,1

В зелёной массе кормовых культур значительно выше рекомендуемого значения соотношение между калием и суммой кальция и магния (норма 2,2–2,4). Данное несоответствие может негативно сказаться на использовании натрия, магния, кальция из корма и способствовать излишнему выведению кальция из организма животных. Сравнительная оценка кормовых культур по питательной ценности, выраженной в валовом сборе кормовых единиц и переваримого протеина, представлена в таблице 5.12.

Таблица 5.12 – Продуктивность кормовых культур (зелёная масса при 82 % влажности)

Культура	Сбор к.ед., ц/га	Сбор переваримого протеина, ц/га	Обеспеченность к.ед. переваримым протеином, г
Пайза	67	7	106
Сорго сахарное	78	10	125
Суданская трава	68	7	105
Сорго-суданковый гибрид	66	7	111

Могар	40	5	117
Чумиза	56	7	123

Наибольший сбор кормовых единиц с 1 гектара посева обеспечивает сорго сахарное, пайза и суданская трава. Наименьший – могоар и чумиза. Максимальное количество переваримого протеина с единицы посевной площади обеспечивают посева сахарного сорго. Минимальное – посева могоара. У всех исследуемых культур обеспеченность кормовой единицы зелёной массы переваримым протеином достигает оптимального значения.

Рентабельность производства зелёной массы пайзы, сорго, сорго-суданкового гибрида, суданской травы, чумизы и могоара изменялась от 13 до 28 %. Наиболее экономически выгодным оказалось возделывание чумизы, сорго сахарного и пайзы.

Одним из требований к качеству кормов на территориях загрязнённых радионуклидами является их соответствие нормативным показателям (РДУ). Параметры перехода радионуклидов для различных видов кормовых культур не одинаковы, что позволяет осуществлять подбор конкретных культур с учетом плотности загрязнения почв. Коэффициенты перехода (Кп) ^{137}Cs для зеленой массы пайзы, сорго сахарного, сорго-суданкового гибрида в среднем составляют 0,06 Бк/кг:кБк/м², для суданской травы – 0,05 Бк/кг:кБк/м², могоара – 0,08 Бк/кг:кБк/м² чумизы – 0,09 Бк/кг:кБк/м². По усреднённым значениям Кп ^{90}Sr для зеленой массы, данные культуры, возделываемые на дерново-подзолистых супесчаных почвах, располагаются в следующем убывающем ряду (по возрастанию): сорго сахарное (2,2) – сорго-суданковый гибрид (3,3) – чумиза (3,8) – суданская трава (4,4) – пайза (4,6) – могоар (4,9). Наименьшие значения Кп ^{90}Sr характерны для сорговых культур (сорго сахарное, сорго-суданковый гибрид и суданская трава). Коэффициент перехода ^{90}Sr для зеленой массы могоара почти в 2 раза выше.

При планировании использования пайзы, сорго сахарного, суданской травы, сорго-суданкового гибрида, чумизы и могоара и размещении их по полям севооборота на загрязнённых радионуклидами территориях авторы исследований рекомендуют рассчитывать прогнозный уровень загрязнения продукции по установленным коэффициентам миграции радионуклидов в звене почва – растение.

Установленные коэффициенты перехода ^{137}Cs и ^{90}Sr для зелёной массы кормовых культур также позволяют рассчитать предельные плотности загрязнения (ППЗ) дерново-подзолистых супесчаных почв радионуклидами, на которых можно гарантированно получать зелёный корм, отвечающий «Республиканским допустимым уровням со-

держания цезия-137 и стронция-90 в сельскохозяйственном сырье и кормах» с вероятностью 25 %.

В настоящее время на всей территории, где разрешено ведение сельскохозяйственного производства (плотность загрязнения ^{137}Cs до 40 Ки/км^2 или 1480 кБк/м^2), зелёная масса исследуемых культур должна соответствовать нормативу по содержанию ^{137}Cs . В отношении ^{90}Sr лимитирующим фактором использования зелёной массы кормовых культур является плотность загрязнения почвы. На основании анализа многолетних исследований были определены средние значения предельных плотностей загрязнения дерново-подзолистой супесчаной почвы для производства зелёных кормов, соответствующих РДУ по содержанию данного радионуклида (таблица 5.13).

Получить зелёную массу могоара, соответствующую нормативным показателям по содержанию ^{90}Sr для цельного молока, можно при возделывании культуры на дерново-подзолистой почве с плотностью загрязнения не более $0,2 \text{ Ки/км}^2$, сорго-суданкового гибрида – до $0,3 \text{ Ки/км}^2$ и сорго до $0,4 \text{ Ки/км}^2$.

Таблица 5.13 – Допустимые уровни загрязнения почвы ^{90}Sr для получения зелёной массы кормовых культур, отвечающей требованиям РДУ

Культура	Предельная плотность загрязнения почвы			
	молоко цельное		молоко-сырьё	
	кБк/м ²	Ки/км ²	кБк/м ²	Ки/км ²
Сорго	16,8	0,4	84,0	2,3
Пайза	9,5	0,3	47,4	1,3
ССГ	11,2	0,3	56,1	1,5
Суданская трава	12,5	0,3	62,3	1,7
Чумиза	11,6	0,3	57,8	1,6
Могоар	8,6	0,2	43,0	1,2

Производство зелёной массы могоара, используемой для скармливания КРС с целью получения молока-сырья на переработку, возможно при плотности загрязнения почвы ^{90}Sr до $1,2 \text{ Ки/км}^2$, сорго – до $2,3 \text{ Ки/км}^2$.

Вышеуказанные культуры авторы исследований рекомендуют использовать в схеме зелёного конвейера. Обычно в схему зелёного конвейера включаются пастбищные корма и кормовые культуры, возделываемые на пашне. Наращивание урожая с весны до осенних заморозков при сохранении высоких кормовых качеств зелёной массы на протяжении всей вегетации обуславливает целесообразность использования в схеме зелёного конвейера наряду с широко распространёнными (озимая рожь, клевер, горохо-овсянная смесь и др.), таких кормовых

культур, как пайза, чумиза, могоар, сорго, суданская трава, сорго-суданковый гибрид.

В системе зелёного конвейера сорго сахарное может использоваться через 50–60 дней после посева. При планировании сроков и объёмов поступления корма в зелёном конвейере учитывают, что через 52–58 дней после появления всходов сорго сахарное наращивает 53–56 % зелёной массы, 62–68 дней – 70–73 %, через 72–78 дней – 84–88 % от конечной урожайности (Шлапунов В. Н. и др., 2006).

Наибольший выход питательных веществ у сорго отмечается в фазе выбрасывания метёлки. На зелёную подкормку сорго убирают при высоте растений не ниже 50 см. Перед скармливанием скоту свежескошенную зелёную массу требуется провялить во избежание отравления глюкозидом *дуррин*.

При посеве сорго в середине мая использование его в зелёном конвейере возможно на протяжении с июля по октябрь месяц (Седукова Г. В. и др., 2010).

Скармливать скоту зелёную массу суданской травы и сорго-суданкового гибрида рекомендуется до полного вымётывания метёлки. Суданская трава мало страдает от вытаптывания и быстро отрастает при стравливании, что позволяет использовать его в качестве пастбищного корма. Разделение сроков сева суданской травы и сорго-суданкового гибрида позволяет получать зелёную массу культур до октября месяца.

Благодаря хорошей способности к отрастанию использовать зелёную массу пайзы возможно в несколько этапов. Период использования пайзы в схеме зелёного конвейера за весь вегетационный период в среднем составляет 50–60 дней. При благоприятных погодных условиях срок использования зелёной массы пайзы может увеличиваться до 80–90 дней. Максимальной кормовой ценности пайза достигает в фазу полного вымётывания метёлки.

Могоар убирают не позднее начала образования метёлок. Убирать чумизу на зелёный корм необходимо до начала вымётывания метёлок. При более поздней уборке скошенная зелёная масса становится грубой, и кормовая ценность резко снижается. В схеме зелёного конвейера зелёную массу могоара и чумизы используют во второй декаде июля.

При включении данных культур в схему зелёного конвейера их используют в несколько периодов. Первый период использования приходится на вторую-третью декады июля. В это время посева пайзы, могоара, чумизы предназначены, прежде всего, для стабилизации поступления зелёного корма в засушливые годы, а также они могут частично заменить

посевы райграса однолетнего и других однолетних кормовых культур, что позволяет значительно сократить обрабатываемые площади пашни, снизить себестоимость животноводческой продукции. Основной период использования культур – август-сентябрь. При более поздних сроках посева – до наступления заморозков.

Использование сорговых культур в заключительном звене зелёного конвейера позволяет ликвидировать дефицит сахаров в рационе животных и поддерживать их высокую молочную продуктивность. Сорго, суданская трава и сорго-суданковый гибрид по сбору питательных веществ более продуктивны, чем озимый рапс, редька масличная, которые обычно используются в этот период.

В применяемых в настоящее время схемах зелёного конвейера с июля месяца до середины августа используются люпин, бобово-злаковые смеси (преимущественно горохо-овсяные) со 2-го по 5-й сроки сева, отава райграса однолетнего, рапс озимый весеннего срока сева (Шелюто Б. В., 2008). Использование в схеме сорго, сорго-суданкового гибрида, суданской травы, пайзы, могоара и чумизы позволяет уменьшить количество сроков сева до 2, одновременно увеличив количество укусов (стравливаний) до 3.

Сорговые и просяные культуры относятся к засухоустойчивым и теплолюбивым культурам и даже в неблагоприятных для роста и развития условиях засушливого года способны сформировать урожай зелёной массы на уровне 300–600 ц/га, в то время как широко распространённые однолетние бобово-злаковые смеси только 50–150 ц/га, кукуруза – около 120 ц/га, многолетние травы – около 200–250 ц/га.

Качественные показатели зелёной массы рекомендуемых культур не уступают традиционным культурам, используемым в схемах зелёного конвейера, и полностью обеспечивают рационы животных необходимыми питательными веществами. При замене горохо-овсяных смесей, рапса и люпина на вышеперечисленные культуры достигается оптимизация сахаро-протеинового отношения при полной обеспеченности кормовой единицы переваримым протеином. Так, при сахаро-протеиновом отношении в зелёной массе горохо-овсяной смеси 1,3–1,8, рапса 1,4, люпина 0,4 данный показатель в зелёной массе сорговых культур (сорго, сорго-суданковый гибрид, суданская трава) достигает значения 0,8–1,2, являющегося оптимальным для сбалансированного питания КРС.

Для обеспечения зелёными кормами стада КРС в 1000 условных голов при использовании традиционных культур, урожайность которых в среднем находится на уровне 100–300 ц/га, необходимо около 6 га посевных площадей в день. При использовании в схеме зелёного конвейера сорговых и просяных культур при урожайности 400–700 ц/га

для содержания аналогичного стада достаточно 1 га в день. При использовании только пайзы на день необходимо 1,25 га, а сорго, сорго-суданкового гибрида и суданской травы – 0,7 га. Высвобожденные посевные площади можно использовать для производства других видов продукции (Седукова Г. В. и др., 2010).

5.3. Оптимизация структуры посевных площадей в сельскохозяйственных организациях с высоким удельным весом торфяных почв, загрязненных радионуклидами

Общеизвестно, что поступление ^{137}Cs в растения из торфяных почв выше, чем из минеральных. В ряде случаев использование торфяных земель ограничено даже в тех случаях, когда уровни загрязнения почв радионуклидами сравнительно невелики ($^{137}\text{Cs} > 2\text{--}5 \text{ Ки/км}^2$ и $^{90}\text{Sr} > 0,30\text{--}1,0 \text{ Ки/км}^2$). Проблема укрепления кормовой базы, наращивания объемов производства и заготовки высококачественных кормов, сбалансированных по протеину, сахарам, минеральным компонентам, соответствующих допустимым уровням содержания радионуклидов, на загрязненных радионуклидами торфяных почвах остается актуальной и по настоящее время.

Общая площадь осушенных земель республики довольно обширная и составляет 3,4 млн. га (16,5% территории), сельскохозяйственные земли занимают 2,9 млн. га, в т. ч. пахотные – 1,23, луговые – 1,65 млн. га. Большая часть осушенных земель (63%) сконцентрирована в Брестской, Гомельской и Минской областях. В почвенном покрове осушенных сельскохозяйственных земель преобладают минеральные почвы (69 %) (Мееровский А. С., Семенченко А. В., 2006). Общая площадь торфяных почв, используемых в сельскохозяйственном производстве, составляет 975,1 тыс. га. Наибольшее количество торфяных почв (66,5%) расположено в Брестской, Гомельской и Минской областях. Около 80 % земель представлены торфяниками с маломощной остаточной залежью до 1 м (таблица 5.14). Из них 280 тыс. га используется в качестве пашни, остальные – под сенокосы и пастбища.

На территории Беларуси преобладают низинные торфяные почвы, расположенные в районах Полесья и в центральной части республики. Верховые и переходные торфяные почвы развиваются в основном в северной её части (Антонюк В. С. и др., 2001).

Зольность *низинных* торфяных почв принимает значения от 5 до 50 %. Степень разложения варьирует от 30 до 60 %. Показатель кислотности колеблется в пределах 4,7–7,3. Торфяной массив питается за счёт почвенно-грунтовых вод. Это предопределяет химический состав золы почвы. Почва богата по своему содержанию железом (1,4 %), алю-

минимумом (1,5–2,5 %), серой (0,2–1,5 %), кальцием (4,0 %). Количество калия, натрия, магния, фосфора в составе золы незначительно и принимает, соответственно, следующие значения: 0,2; 0,1; 0,2; 0,1–0,5 %. На долю органического вещества приходится от 50 до 92 %. Содержание азота (% на сухое вещество) колеблется от 1,7 до 3,3 (Инишева Л. И., Дементьева Т. В., 2000).

Таблица 5.14 – Доля площадей торфяных почв, отличающихся мощностью торфяного слоя, в составе сельскохозяйственных земель (тыс. га) (Лихацевич А.П., 1998)

Области	В том числе с мощностью торфяного слоя, м				
	менее 0,3	0,3–0,5	0,5–1,0	1,0–2,0	более 2
Брестская	14,4	25,5	36,1	18,7	5,3
Витебская	19,7	11,2	20,4	29,5	19,5
Гомельская	20,8	17,7	28,9	26,1	6,4
Гродненская	13,2	20,0	33,2	27,8	5,9
Минская	12,9	15,9	30,8	31,5	8,8
Могилёвская	11,1	19,6	31,6	29,3	8,3
Всего по Беларуси	15,3	18,9	31,2	26,8	7,8

Зольность *верховых* торфяных почв варьирует от 2 до 5 %. Степень разложения колеблется от 10 до 60 %. Показатель кислотности приобретает значения в пределах 2,8–5,6. Почва образована при переувлажнении за счёт вод атмосферных осадков. Вследствие этого зольный состав представлен иначе. В торфах верхового типа на долю железа приходится 0,4 %, алюминия – 0,2–0,3 %, серы – 0,1–0,2 %, кальция – 0,2–0,4 %. Содержание калия составляет 0,05–0,1 %, натрия – 0,05 %, фосфора – 0,07 %, органическая масса – 95–98 %. Количество азота варьирует от 0,8 до 1,3 %.

Переходные торфяные почвы занимают промежуточное положение между верховыми и низинными почвами. Зольность имеет значения 4–5 %; степень разложения от 20 до 60 %. Показатель кислотности находится в пределах 3,5–5,5. Аналогично низинным торфам, торфяной массив переходного типа питается за счёт грунтовых вод. Зола содержит: кальция – 0,4–2,0 %, железа – до 1,0 %, алюминия – 0,2–0,3 %, натрия – 0,1 %. На долю органического вещества приходится 90–95 %. Содержание азота достигает от 1,0 до 2,3 % (Инишева Л. И., Дементьева Т. В., 2000).

Пойменные торфяные почвы в Республике Беларусь относятся к типу аллювиальных почв. Почвы формируются в условиях избыточного аллювиального и грунтового увлажнения. Общее количество гумусовых веществ в почвах данного типа колеблется в широких пределах: от 10,9 до 56,4 %. В структуре гумусовых веществ преобладают гумино-

вые кислоты, на долю которых приходится в среднем 27,0 %, на долю фульвокислот – в среднем 8,0–8,5 %. Для этих почв характерны высокая ёмкость поглощения (83–176 мг-экв на 100 г почвы) и насыщенность почвенно-поглощающего комплекса основаниями, главным образом кальцием и магнием. Основным недостатком почв данного типа – низкое содержание подвижного калия и фосфора (<30 мг/100 г почвы) (Подоляк А. Г. и др., 2001).

Большая часть торфяных почв была осушена более 30–40 лет назад. В результате этого, а также сельскохозяйственного использования почвы претерпели ряд изменений: модифицировались их водно-физические, агрохимические и биохимические свойства. Сегодня эти почвы представлены сложными природно-техногенными комплексами, в которых торфяные почвы чередуются с возникшими ареалами антропогенно-преобразованных почв разной степени трансформации (вплоть до песчаных), отличающихся между собой как потенциальным плодородием, так и технологическими свойствами. Кроме того, они различаются между собой и водным режимом (от подтапливаемых участков в низовьях систем до переосушенных в верховьях). По уровню содержания органического вещества, водно-физическим и агрохимическим свойствам эти почвы значительно отличаются как от торфяных в первые годы после осушения, так и от типично минеральных. В результате этого формируются новые почвенные разновидности (торфяно-минеральные, минеральные остаточно-торфяные и постторфяные). Ведение сельскохозяйственного производства на загрязненных торфяных почвах должно учитывать закономерности поступления радионуклидов в растениеводческую продукцию, а также вышеперечисленные особенности этих почв.

Главным резервом увеличения производства кормов и улучшения их качества является совершенствование структуры посевов кормовых культур, в том числе многолетних трав, оптимизация технологий их возделывания. В большинстве случаев торфяные почвы в сельскохозяйственных организациях используются под сенокосы, что является результатом государственных мероприятий по рациональному использованию и обеспечению контроля за использованием мелиорированных земель, в том числе за размещением на них сельскохозяйственных культур. Однако в тех организациях, где торфяные почвы составляют 50 % и более сельскохозяйственных земель, данные почвы могут отводиться под пашню, зернотравяные севообороты. Сохранение и использование таких почв имеет важное социальное значение, так как в этом случае они определяют не только уровень сельскохозяйственного производства, но и условия проживания основной части населения. Данные причины обусловили необходимость разработки рекомендаций по оптимизации

видового состава кормовых культур и созданию севооборотов на осушенных торфяных почвах в зависимости от содержания органического вещества (ОВ) и уровня грунтовых вод (УГВ), обеспечивающих эффективное их использование в условиях радиоактивного загрязнения (Сарасеко Е. Г. и др., 2012).

Радиоактивное загрязнение Республики Беларусь аварийными выбросами чернобыльских выпадений является одним из важных факторов, определяющих экологическую обстановку на ее территории. В результате катастрофы на Чернобыльской АЭС более 500 тыс. га торфяных почв Белорусского Полесья подверглось загрязнению радионуклидами. Торфяные почвы, загрязненные радионуклидами, являются наиболее критическими для получения сельскохозяйственной продукции с допустимыми уровнями по содержанию ^{137}Cs и ^{90}Sr . Это связано с особенностями морфологического и генетического строения этих почв, водно-физическими и агрохимическими свойствами.

По результатам XII тура агрохимического и радиологического обследования сельскохозяйственных земель распределение сенокосов и пастбищ на торфяных почвах по уровням загрязнения ^{137}Cs и ^{90}Sr представлено в таблице 5.15.

Таблица 5.15 – Распределение сенокосов и пастбищ на торфяных почвах, загрязненных ^{137}Cs и ^{90}Sr по областям Республики Беларусь, га

Область	Плотность загрязнения ^{137}Cs , (Ки/км ²) кБк/м ²				
	(>1,0) >37	(1,0–5,0) 37–185	(5,0–15,0) 185–555	(15,0–40,0) 555–1480	(>40,0) >1480
Брестская	9169	8591	578	0	0
Гомельская	36199	27294	7602	1231	72
Гродненская	2454	2454	0	0	0
Минская	7811	7600	211	0	0
Могилевская	8979	6537	2101	341	0
Беларусь	64613	52477	10492	1572	72
Область	Плотность загрязнения ^{90}Sr , (Ки/км ²) кБк/м ²				
	(>0,15) >5,55	(0,15–0,30) 5,55–11,1	(0,3–1,0) 11,1–37	(1,0–3,0) 37–111	(>3,0) >111
Брестская	119	119	0	0	0
Гомельская	22168	11749	8867	1552	0
Минская	17	17	0	0	0
Могилевская	578	532	46	0	0
Беларусь	22882	12417	8913	1552	0

Как уже сказано выше, не решив проблему повышения количества, а главным образом, качества кормов посредством улучшения плодородия торфяных почв, увеличения урожайности, сокращения сроков кормоза-

готовок, переоснащения сельскохозяйственных предприятий новой кормозаготовительной техникой, невозможно повышать продуктивность скота и, в конечном итоге, эффективность отрасли животноводства в целом. Результаты анализов свидетельствуют, что сено многолетних трав, заготавливаемое хозяйствами Гомельской области, часто низкого качества (таблица 5.16). Практически во всех хозяйствах наблюдается недостаточное количество микроэлементов (медь, цинк, кобальт). В некоторых случаях дефицит составляет порядка 70%. При этом внесение различных доз минеральных удобрений сопровождается изменением содержания макро- и микроэлементов в травостое.

Таблица 5.16 – Несоответствие сена многолетних трав основным питательным характеристикам в 2010 году, %

Район	Процент несоответствия ГОСТу		
	кормовые единицы ГОСТ 4808-87	массовая доля сырого протеина ГОСТ 13496.4-93	обменная энергия ГОСТ 4808-87
Брагинский	23,5	5,9	25,5
Буда-Кошелевский	20,2	8,2	28,1
Ветковский	33,9	12,9	25,8
Гомельский	8,8	14,2	12,4
Добрушский	18,2	2,4	26,2
Ельский	15,9	27,5	20,3
Житковичский	26,0	5,1	30,5
Жлобинский	16,0	14,4	21,7
Калинковичский	8,4	5,4	12,6
Кормянский	22,0	15,3	32,2
Лоевский	16,1	22,7	20,8
Мозырский	44,0	4,0	52,0
Октябрьский	20,0	5,0	40,0

При возделывании различных сельскохозяйственных культур на торфяных почвах для получения продукции, соответствующей нормативам по макро- и микроэлементам, требуется вносить минеральные и микроудобрения под планируемую урожайность в зависимости от возделываемой кормовой культуры, основываясь на применении методов почвенной и растительной диагностики, так как торфяные почвы по агрохимическим показателям очень пестры (от минимального до максимального содержания элементов), что особенно актуально для почвенного азота, от содержания которого зависит и поступление ^{137}Cs в растения.

С другой стороны, для получения нормативно-чистой продукции необходимо осуществлять подбор культур, обработку почвы, известко-

вание кислых почв, внесение макро- и микроудобрений, защита растений, регулирование водного режима.

Результаты радиологических измерений показывают, что по накоплению ^{137}Cs на единицу сухого вещества имеется следующий убывающий ряд: разнотравье естественных сенокосов и пастбищ, многолетние злаковые травы, клевер, зеленая масса рапса, гороха, солома овса, зеленая масса кукурузы, кормовая свекла, зеленая масса однолетних бобово-злаковых травосмесей, солома озимой ржи, зерно овса, картофель, солома ячменя, зерно озимой ржи, зерно ячменя. По содержанию ^{90}Sr в сухом веществе растений – соответственно: клевер, зеленая масса гороха, рапса, однолетних бобово-злаковых травосмесей, разнотравье суходольных сенокосов и пастбищ, многолетние злаковые травы, солома ячменя, зеленая масса озимой ржи, кормовая свекла, зеленая масса кукурузы, солома овса и озимой ржи, зерно ячменя, овса, озимой ржи, картофель. В зависимости от направления использования животноводческой продукции введены ограничения для торфяных почв по плотности загрязнения радионуклидами для производства кормов (таблица 5.17).

Таблица 5.17 – Ограничения по плотности загрязнения торфяных почв ^{137}Cs и ^{90}Sr для производства кормов в зависимости от направления использования животноводческой продукции

Культура	Плотность загрязнения, Ки/км ²
^{137}Cs	
Цельное молоко	
Сено злаковых трав	4–11
Сено естественных трав	1–3
Зеленая масса злаковых трав	2–6
Заключительный откорм	
Зеленая масса злаковых трав	4–10
Естественные пастбища	1–3
^{90}Sr	
цельное молоко	
Сено естественных трав	0,30
Пастбища со злаковым травостоем	0,29–0,32
производство молока для переработки на масло	
Сено злаковых трав	2,10–3,00
Пастбища со злаковым травостоем	1,40–1,60
Пастбища естественные	1,00

В этой связи одним из направлений создания прочной кормовой базы для животноводства является оптимизация видового состава кормовых культур на торфяных почвах различных стадий трансформации и использование типовых севооборотов для этих почв.

Рациональная структура посевных площадей на торфяных почвах устанавливается с учетом следующих факторов: 1) природных условий, производственной структуры предприятий; 2) полного соответствия принятым основным направлениям в использовании мелиорированных земель; 3) максимального и наиболее полного использования почвенного плодородия и агроклиматических ресурсов в течение вегетационного периода; 4) выращивания культур, дающих наивысшую экономическую эффективность в данных природных условиях, и обеспечения высокого уровня потенциальной продуктивности почв; 5) создания благоприятных условий для повышения плодородия и улучшения баланса органического вещества почв.

Поскольку в севооборотах должны преобладать культуры с разными вегетационными периодами, обеспечивающие улучшение плодородия почвы, то в них очень важную роль играют предшественники. Размещение сельскохозяйственных культур по неблагоприятным предшественникам приводит к усилению засоренности посевов, распространению болезней и вредителей и в итоге – к снижению продуктивности. Поэтому бессменные посевы или узкоспециализированные севообороты не могут считаться научно и экологически обоснованными.

На радиоактивно загрязненных торфяных агроценозах одним из распространенных приемов снижения поступления ^{137}Cs и ^{90}Sr в растениеводческую продукцию является *изменение структуры посевных площадей* в пользу увеличения удельного веса культур и их сортов с меньшим накоплением радионуклидов. Необходимо уменьшать посевные площади под озимой рожью и увеличивать посевы озимым тритикале, которые, кроме того, являются наиболее продуктивной и более питательной в кормовом отношении культурой. На антропогенно-преобразованных торфяных почвах с содержанием органических веществ менее 40 % из яровых зерновых предпочтительнее возделывание проса, как засухоустойчивой и высокопродуктивной культуры, которая мало накапливает радионуклиды. Посевы кукурузы следует уплотнять донником, амарантом, мальвой и другими высокобелковыми культурами. Возделывание промежуточных культур поукосно и пожнивно позволяет значительно увеличить объемы производства кормов и снизить дефляцию почв.

На площадях с минеральными остаточно-торфяными и постторфяными почвами ($\text{OB} < 20\%$), расположенными в переосушенных верховьях мелиоративных систем, целесообразно возделывание засухоустойчивых культур (люцерна, просо, люпин, бобово-злаковые смеси, кукуруза, из зерновых нужно отдавать предпочтение озимым, из которых и следует формировать севообороты, или использовать как монокультуру, напри-

мер, под люцерну. Осушенные торфяные почвы с оптимальным водным режимом и содержанием органического вещества 20–70 % подходят для возделывания всех культур. Однако здесь предпочтительнее зерновые культуры. Остальные культуры или их смеси разбавляют клин зерновых для формирования эффективных севооборотов.

Для решения проблемы обеспечения кормов переваримым протеином необходимо расширять площади под зернобобовыми культурами. Однако размеры посевных площадей зернобобовых культур в каждом отдельно взятом районе, и тем более в сельскохозяйственной организации, должны быть связаны с её специализацией, уровнем плодородия почвы, целями (зерно, зеленая масса) и способами возделывания (в чистом виде или в смесях), технологиями возделывания, организационной и технологической дисциплиной. Поскольку зернобобовые культуры характеризуются повышенным накоплением радионуклидов в зерне, то насыщение ими рациона животных, особенно молочного стада, должно осуществляться с учетом уровня загрязнения сельскохозяйственных земель и степени перехода радионуклидов в растения (Подоляк А. Г., Жданович В. П., 2006).

Переувлажненные участки торфяных и минерализованных торфяных почв в низовьях мелиоративных систем целесообразно использовать под многолетние злаковые и бобово-злаковые травосмеси, компонентный состав которых будет определяться варьированием уровня грунтовых вод в течение вегетационного периода (Лученок Л. Н., 2009). Удельный вес многолетних бобовых трав и бобово-злаковых травосмесей в структуре площадей должен быть около 50 %. В связи с тем, что в настоящее время осушенные торфяные почвы представлены различными разновидностями (от торфяных (ОВ > 50%) до минеральных постторфяных с ОВ < 10%), расположенными на площадях с различающимся водным режимом (от подтапливаемых участков в низовьях мелиоративных систем до переосушенных в верховьях), необходима адаптация видового состава кормовых культур к конкретным условиям полей.

Адаптированные наборы видового состава культур являются основой для формирования эффективных севооборотов для каждого рассматриваемого участка и в целом для сельскохозяйственной организации, которые обеспечивают кормовую базу для определенного поголовья и запланированных показателей растениеводства (Гракун В. В. и др., 2009).

Для подбора культур, адаптированных по своим морфологическим и физиологическим свойствам к конкретным условиям поля, необходимо знать гидрологические условия и содержание ОВ на полях. Для практической дискретизации площадей мелиоративной системы

по уровню осушения, содержанию органических веществ приняты следующие градации:

– УГВ менее 0,5 м. Меньше нормы. Визуальная оценка: в весенний период до конца мая – начала июня на поверхности поля наблюдается вода, либо она проступает при нажатии на поверхность или незначительном повреждении 10–15 см слоя; фитоиндикатором являются отдельные и/или скопления растений ситника (*Juncus bufonius* L.) и других гидрофитов.

– УГВ более 0,5 м, но менее 1,2 м. Норма. УГВ в предвесенний период находятся на глубине 0,4–0,5 м (расчетная норма осушения) от поверхности, а в середине вегетационного периода на глубине 1,2–1,4 м (допустимая норма осушения) в зависимости от возделываемых культур и типа севооборотов. При возделывании озимых культур затопление не допускается, а УГВ должны варьировать от 0,6–0,7 м до 1,1–1,2 м к периоду уборки. Визуальная оценка: вода в канале даже в ранневесенний период находится на глубине 0,4–0,5 м от бровки; в длительные засушливые летние периоды на полях не появляется «выгоревших» посевов.

– УГВ более 1,2 м, но менее 2,0 м. Выше нормы осушения. В весенний период или во время дождливого вегетационного сезона УГВ могут быть на уровне, обеспечивающем минимальную капиллярную подпитку корнеобитаемой зоны. Визуальная оценка: вода в канале даже в ранневесенний период находится на глубине около 1,0 м от бровки; в длительные засушливые летние периоды на полях появляются «выгоревшие» посевы.

– УГВ более 2 м. Визуальная оценка: вода в канале даже в ранневесенний период находится на глубине более 1 м от бровки; торфяные почвы в средние по водности годы недостаточно увлажнены; летом даже незначительный перерыв в осадках вызывает гибель посевов, степень повреждения которых зависит от содержания органического вещества в пахотном горизонте и его мощности. Степень повреждения посевов зависит также от видового состава сельскохозяйственных культур.

По содержанию ОВ торфяные и постторфяные почвы разделяют на 4 группы:

1) ОВ < 10 % (почва серого или светло-серого цвета; органическая масса и минеральная часть не связаны и очень легко отделяются друг от друга; мощность 20–25 см; слабогумусированная подстиляющая порода или пески);

2) 10 % < ОВ < 30 % (почва от светло-серого до темно-серого цвета; мощность 20–30 см);

3) 30 % < ОВ < 50 % (почва от темно-серого до интенсивно темно-серого почти черного цвета; довольно однородная мажущая масса,

в которой органическая составляющая и минеральная часть практически не связаны и легко отделяются друг от друга; мощность 25–40 см);

4) $OB > 50\%$ (почва от темно-серого до интенсивно темно-серого почти черного цвета; довольно однородная мажущая масса, в которой органическая часть не отделяется от минеральной (мощность более 50 см); в мелкозалежных торфяниках, подстилаемых песком, в пахотном горизонте органическая масса и минеральная часть практически не связаны и легко отделяются друг от друга (мощность 25–40 см).

В соответствии с требованиями растений к водному режиму и плодородию почв, а также их способностью переносить неблагоприятные погодные условия для каждой градации сформированы наборы культур (таблица 5.18).

При невозможности визуально или инструментально оценить содержание OB в почве прибегают к использованию кодировки почвенных разновидностей, имеющих в отчетах агрохимобследования, представленных сельскохозяйственным организациям. В их отчетах градация постторфяных почв по содержанию органического вещества включает диапазоны: $OB < 5\%$, $5\% < OB < 20\%$, $20\% < OB < 50\%$, $OB > 50\%$.

Таблица 5.18 – Перечень культур, рекомендуемых к возделыванию, согласно заданных условий увлажненности и содержания OB в пахотном горизонте торфяных почв

Многолетние злаковые травы и/или их смеси, способные переносить длительные периоды затопления (УГВ < 0,5 м / OB от <10 до 50%)			
$OB < 10\%$ ($OB < 5\%$)*	$OB 10-30\%$ ($OB 5-20\%$)*	$OB 30-50\%$ ($OB 20-50\%$)*	$OB > 50\%$
0,5 м < УГВ < 1,2 м			

однолетние бобово-злаковые смеси люпин кукуруза (на зел. корм и/или зерно) донник люцерна озимая рожь озимое тритикале овес ячмень просо (на зел. корм и/или зерно) редька масличная (или др. крестоцветные) суданская трава	злаковые травы бобово-злаковые травосмеси клевер люцерна люцерна люцерна галега донник кукуруза (на зел. корм и/или зерно) пайза однолетние бобово-злаковые смеси оз. рожь оз. тритикале яр. тритикале ячмень овес просо (на зел. корм и/или зерно) редька масличная (или др. крестоцветные) озимый рапс подсолнечник картофель	злаковые травы люцерна люцерна галега кукуруза (на зел. корм и/или зерно) пайза бобово-злаковые смеси клевер яр. пшеница оз. тритикале яр. тритикале оз. рожь ячмень овес редька масличная (или др. крестоцветные) картофель корнеплоды	злаковые травы люцерна галега кукуруза (на зел. корм и/или зерно) бобово-злаковые смеси яр. пшеница оз. тритикале яр. тритикале оз. рожь ячмень овес редька масличная картофель
--	---	---	---

Продолжение таблицы 5.18

1,2 м < УГВ < 2,0 м			
люцерна кукуруза (на зел. корм и/или зерно) люпин донник бобово-злаковые смеси просо (на зел. корм и/или зерно) озимая рожь озимое тритикале редька масличная	люцерна люцерна люцерна кукуруза (на зел. корм и/или зерно) эспарцет бобово-злаковые смеси просо (на зел. корм и/или зерно) яр. тритикале оз. рожь оз. тритикале люпин редька масличная рапс озимый подсолнечник картофель	люцерна люцерна люцерна галега кукуруза (на зел. корм и/или зерно) клевер бобово-злаковые смеси просо (на зел. корм и/или зерно) люпин оз. рожь яр. пшеница оз. пшеница оз. тритикале яр. тритикале оз. рожь ячмень овес редька масличная рапс озимый подсолнечник эспарцет картофель	люцерна галега кукуруза (на зел. корм и/или зерно) бобово-злаковые смеси просо (на зел. корм и/или зерно) яр. пшеница оз. пшеница оз. тритикале яр. тритикале оз. рожь ячмень овес редька масличная подсолнечник картофель
УГВ > 2,0 м			
люцерна кукуруза	люцерна кукуруза	люцерна кукуруза	люцерна кукуруза

(на зел. корм и/или зерно) бобово-злаковые смеси люпин просо (на зел. корм и/или зерно) оз. рожь	(на зел. корм и/или зерно) бобово-злаковые смеси просо (на зел. корм и/или зерно) люпин оз. рожь оз. тритикале редька масличная рапс озимый картофель	(на зел. корм и/или зерно) бобово-злаковые смеси просо (на зел. корм и/или зерно) оз. рожь оз. тритикале яр. тритикале оз.пшеница ячмень овес редька масличная рапс озимый подсолнечник картофель	(на зел. корм и/или зерно) пелюшка бобово-злаковые смеси просо (на зел. корм и/или зерно) оз. рожь оз. тритикале яр. тритикале оз.пшеница ячмень овес редька масличная подсолнечник картофель
---	--	--	--

Примечание:

* – градация постторфяных почв по кодам почвенных разновидностей 11 тура агрохимического обследования почв

Из приведенных наборов культур, адаптированных к почвенно-гидрологическим условиям полей, были сформированы наборы типовых севооборотов для сельскохозяйственных организаций с высоким удельным весом торфяных почв (таблица 5.19).

Таблица 5.19 – Перечень типовых севооборотов для заданных почвенно-гидрологических условий торфяных почв

Многолетние злаковые травы и/или их смеси, способные переносить длительные периоды затопления (УГВ < 0,5 м / ОВ от <10 до 50%)			
ОВ < 10% (ОВ < 5%)*	ОВ 10–30% (ОВ 5–20%)*	ОВ 30–50% (ОВ 20–50%)*	ОВ > 50%
0,5 м < УГВ < 1,2 м			
1 1. Однолетние боб-злак. смеси 2. Люцерна (выводное поле до 5 лет) + поукосные после I укоса последнего года жизни 3. Кукуруза на зерно/зеленую массу 4. Ячмень 2 1 Ячмень+	1 1. Яр. тритикале 2. Кукуруза на зел. массу 3. Оз. рожь+пожнивные 4. Просо+пожнивные 2 1. Лядвенец I г.п. 2. Лядвенец II г.п. 3. Лядвенец III г.п.+ поукосные после I или	1 1. Оз. рожь + пожнивные 2. Корнеплоды 3. Яр. пшеница и/или яр. тритикале + пожнивные 4. Люцерна (выводное поле до 5 лет) +поукосные после I укоса	1 1.Пелюшко-овсяная смесь 2.Оз. тритикале 3.Галега (выводное поле) +поукосные после I укоса последнего года жизни 4.Кукуруза на зерно/зел.массу 5.Яр. Зерновые

<p>пожнивные</p> <p>2. Люпин на зел. мас-су/зерно</p> <p>3. Кукуруза на з.м.</p> <p>4. Оз. рожь + пожнивные</p> <p>5. Просо зерно + пожнив-ные</p> <p>3</p> <p>1. Однолетние бобово-злаковые смеси</p> <p>2. Оз. тритика-ле</p> <p>3. Кукуруза на зерно/зел.масса</p> <p>4. Ячмень</p> <p>5. Оз. рожь + пожнивные</p> <p>6. Овес</p>	<p>II укоса</p> <p>4. Оз.рожь и/или ку-куруза</p> <p>5. Овес</p> <p>3</p> <p>1. Пелюшка-овесная смесь (на зел. массу) с подсевом лядвенца</p> <p>2. Лядвенец I г.п.</p> <p>3. Лядвенец II г.п.</p> <p>4. Лядвенец III г.п. +поукосные после I или II укоса</p> <p>5. Кукуруза на зерно/зел.масса</p> <p>5. Ячмень и/или яр. Тритикале</p> <p>4</p> <p>1. Однолетние бобово-злаковые смеси</p> <p>2. Озимый рапс</p> <p>3. Оз. Тритикале</p> <p>4. Картофель</p> <p>5. Ячмень+подсев клевера</p> <p>6. Клевер</p> <p>7. Оз. рожь+ Пожнивные</p>	<p>последнего года жизни</p> <p>5. Кукуруза на зел. Массу</p> <p>2</p> <p>1. Пелюшко-овсяная смесь</p> <p>2. Оз. трити-кале</p> <p>3. Карто-фель</p> <p>4. Ячмень с подсевом клевера</p> <p>5. Клевер</p> <p>6. Клевер</p> <p>7. Яровые и/или озимые зерновые</p>	<p>2</p> <p>1. Оз. рожь + по-жнивные</p> <p>2. Картофель</p> <p>3. Ячмень с подсе-вом лядвенца</p> <p>4. Лядвенец I г.п.</p> <p>5. Лядвенец II г.п.</p> <p>6. Лядвенец III г.п. +поукосные после I</p> <p>7. Оз. тритикале + пожнивные</p> <p>8. Овес</p> <p>3</p> <p>1. Ячмень+</p> <p>подсев бобово-злаковых смесей</p> <p>2-4. Бобово-злаковые смеси</p> <p>5. Однолетние бо-бово-злаковые смеси</p> <p>6. Оз. рожь+ пожнивные</p>
---	--	--	---

Продолжение таблицы 5.19

1,2 м < УГВ < 2,0 м			
<p>1</p> <p>1. Однолетние боб-злак. Смес-си</p> <p>2. Оз. Тритика-ле</p> <p>3. Люцерна (выводное по-ле до 5 лет) +поукосные</p>	<p>1</p> <p>1. Однолет-ние боб-злак. Смес-си</p> <p>2. Озимый рапс</p> <p>3. Оз. Трити-кале</p>	<p>1</p> <p>1. Просо на зел. массу</p> <p>2. Люпин на зел.массу</p> <p>3. Оз. рожь</p> <p>4. Люцерна (вывод-ное поле до 5 лет) +поукосные после I</p>	<p>1</p> <p>1. Бобово-злаковые смеси на зел.массу</p> <p>2. Оз.рожь</p> <p>3. Галега (выводное поле) +поукосные после I или II укоса последнего года жизни</p>

<p>после I укоса последнего года жизни</p> <p>4. Кукуруза на зерно/зел.массу</p> <p style="text-align: center;">2</p> <p>1. Кукуруза на зел.массу</p> <p>2. Оз. рожь+ пожнивные</p> <p>3. Просо+ пожнивные</p> <p>4. Люпин на зел. Массу</p> <p>5. Оз. тритикале</p>	<p>4. Люпин</p> <p>5. Подсолнечник</p> <p>6. Яр. тритикале</p> <p style="text-align: center;">2</p> <p>1. Картофель, кукуруза на зерно</p> <p>2. Яр. Тритикале</p> <p>3. Лядвенец I г.п.</p> <p>4. Лядвенец II г.п.</p> <p>5. Лядвенец III г.п. +поукосные после I укоса</p> <p>6. Оз. рожь + редька масличная на з.м.</p>	<p>или II укоса последнего года жизни</p> <p style="text-align: center;">2</p> <p>1. Вико-овсяная смесь</p> <p>2. Оз. тритикале</p> <p>3. Картофель</p> <p>4. Ячмень с подсевом клевера</p> <p>5. Клевер</p> <p>6. Оз. пшеница</p> <p style="text-align: center;">3</p> <p>1. Кукуруза на зел.массу/зерно</p> <p>2. Яр. тритикале</p> <p>3. Лядвенец I г.п.</p> <p>4. Лядвенец II г.п.</p> <p>5. Лядвенец III г.п. +поукосные после I укоса</p> <p>6. Оз. рапс+ пожнивные</p> <p>7. Яр. пшеница</p> <p>8. Подсолнечник</p> <p>9. Овес</p>	<p>4. Ячмень</p> <p>5. Картофель</p> <p>6. Яр. тритикале</p> <p>7. Овес</p> <p style="text-align: center;">2</p> <p>1. Подсолнечник</p> <p>2. Яр. пшеница</p> <p>3. Лядвенец I г.п.</p> <p>4. Лядвенец II г.п.</p> <p>5. Лядвенец III г.п. +поукосные после I укоса</p> <p>6. Оз. пшеница + пожнивные</p> <p>7. Кукуруза на зерно/зел.массу</p> <p style="text-align: center;">3</p> <p>1. Просо на зел.массу</p> <p>2. Оз. тритикале</p> <p>3. Лядвенец I г.п.</p> <p>4. Лядвенец II г.п.</p> <p>5. Лядвенец III г.п. +поукосные после I или II укоса последнего года жизни</p> <p>6. Яр. пшеница</p> <p>7. Овес</p>
---	---	---	---

Примечание:

* – градация постторфяных почв по кодам почвенных разновидностей 11 тура агрохимического обследования почв

С учетом состояния мелиоративных систем и изменения в них водного режима в течение жизненного цикла растений разработаны севообороты на 4–9 лет. При этом на участках, на которых планируется провести ремонт или реконструкцию (неудовлетворительный водный режим), предполагается использовать четырех-пятипольные севообороты. На участках после реконструкции, где установлен хороший или удовлетворительный водный режим, рекомендуется использовать севообороты из 5 и более культур.

Наиболее эффективными при производстве всех видов кормов являются универсальные зерно-травяно-пропашные севообороты, которые отвечают требованиям рациональной системы земледелия. При насыщении таких севооборотов до 50 % бобовыми или бобово-злаковыми травосмесями, а также при чистом выращивании культур можно организовать производство полноценных кормов для сельскохозяйственных организаций различной специализации.

Такие севообороты целесообразно размещать на всех почвенных разновидностях торфяных почв или их сочетаниях (при размещении в одном массиве) с среднесезонным уровнем УГВ более 0,5 м. При мясо-молочной специализации сельскохозяйственных организаций целесообразны травяно-зерновые севообороты.

Так как поля или их участки с торфяными почвами могут располагаться не в общем массиве пахотных земель, а на удаленных от центра хозяйства участках, то в этих случаях необходимо разрабатывать собственные севообороты, которые включаются в общий севооборот.

Для таких участков рекомендуются типовые севообороты, структура которых может быть скорректирована с учетом потребностей сельхозорганизации в тех или иных кормах и ее специализации (таблица 7).

С целью прогнозирования загрязнения основных сельскохозяйственных культур радиоактивными элементами установлены усредненные коэффициенты поступления радионуклидов в урожай сельскохозяйственных культур, которые дифференцированы от мощности торфяного слоя, содержания подвижного калия и уровня кислотности торфяной почвы (таблица 5.20).

Таблица 5.20 – Средние значения коэффициентов перехода цезия-137 (Кп, Бк/кг:кБк/м²) для торфяных почв Республики Беларусь

Культура	Содержание подвижного калия, мг/кг почвы			
	<200	201–400	401–600	601–1000
Зерно (влажность 14%)				
<i>Мощность торфяного слоя менее 1 м</i>				
Овес	0,9	0,7	0,6	0,5
Ячмень	0,7	0,6	0,5	0,3
Пшеница яровая	0,7	0,5	0,4	0,3
Рожь озимая	0,4	0,2	0,1	0,04
Тритикале озимое	0,7	0,5	0,4	0,3

Тритикале яровое	0,5	0,3	0,2	0,1
------------------	-----	-----	-----	-----

Продолжение таблицы 5.20

<i>Мощность торфяного слоя менее 1 м</i>				
Сено (влажность 16%)				
Естественный злаково-разнотравный	10,2	7,3	4,8	2,5
Сеяный злаковый	7,6	3,9	2,6	1,8
Сеяный бобово-злаковый	2,7	1,9	1,3	–
Сенаж (влажность 55 %)				
Естественный злаково-разнотравный	5,5	3,9	2,6	1,3
Сеяный злаковый	4,1	2,1	1,4	1,0
Сеяный бобово-злаковый	1,4	1,0	0,7	–
Силос (влажность 75 %)				
Естественный злаково-разнотравный	3,0	2,2	1,4	0,7
Сеяный злаковый	2,3	1,7	0,8	0,5
Сеяный бобово-злаковый	0,8	0,7	0,4	–
Зеленая масса (влажность 82 %)				
Естественный злаково-разнотравный	2,2	1,6	1,0	0,5
Сеяный злаковый	1,6	0,8	0,6	0,4
Сеяный бобово-злаковый	0,6	0,4	0,3	–
<i>Мощность торфяного слоя более 1 м</i>				
Сено (влажность 16 %)				
Естественный злаково-разнотравный	22	19	12	7
Сеяный многолетний злаковый	4,8	1,8	0,6	0,4
Сенаж (влажность 55 %)				
Естественный злаково-разнотравный	12	9,9	6,3	3,7
Сеяный многолетний злаковый	2,6	0,94	0,3	0,2
Силос (влажность 75%)				
Естественный злаково-разнотравный	6,4	5,5	3,5	2,1
Сеяный многолетний злаковый	1,4	0,5	0,2	0,1
Зеленая масса (влажность 82%)				
Естественный злаково-разнотравный	4,6	4,0	2,5	1,5
Сеяный многолетний злаковый	1,0	0,4	0,13	0,08

Примечание:

*– Из озимых зерновых предпочтительнее озимая пшеница и озимое тритикале, из яровых – пшеница, тритикале.

На этих же землях также получены коэффициенты миграции стронция-90 в звеньях торфяная почва – зерно растений, торфяная почва-корма (сено, силос, сенаж, зеленая масса) (таблица 5.21).

Таблица 5.21 – Средние значения коэффициентов перехода стронция-90 (Кп, Бк/кг:кБк/м²) для торфяных почв Республики Беларусь

Культура	pH _(KCl)		
	4,5–5,0	5,01–5,50	5,51–6,00
<i>Зерно (влажность 14%)</i>			
Овес	0,8	0,6	0,5
Ячмень	0,7	0,6	0,5
Пшеница яровая	0,5	0,4	0,3
Рожь озимая	0,6	0,5	0,4
Тритикале озимое	1,0	0,6	0,3
Тритикале яровое	0,8	0,5	0,2
<i>Мощность торфяного слоя менее 1 м</i>			
<i>Сено (влажность 16 %)</i>			
Естественный злаково-разнотравный	5,2	3,8	2,6
Сеяный злаковый	3,7	2,4	1,9
Сеяный бобово-злаковый	6,8	5,5	3,2
<i>Сенаж (влажность 55 %)</i>			
Естественный злаково-разнотравный	2,8	2,0	1,4
Сеяный злаковый	2,0	1,3	1,0
Сеяный бобово-злаковый	3,7	2,9	1,7
<i>Силос (влажность 75 %)</i>			
Естественный злаково-разнотравный	1,5	1,1	0,8
Сеяный злаковый	1,1	0,7	0,6
Сеяный бобово-злаковый	2,0	1,6	1,0
<i>Зеленая масса (влажность 82 %)</i>			
Естественный злаково-разнотравный	1,1	0,8	0,6
Сеяный злаковый	0,8	0,5	0,4
Сеяный бобово-злаковый	1,5	1,2	0,7
<i>Мощность торфяного слоя более 1 м</i>			
<i>Сено (влажность 16 %)</i>			
Естественный злаково-разнотравный	17	4,4	3,2
Сеяный многолетний злаковый	3,4	3,0	2,6
<i>Сенаж (влажность 55%)</i>			
Естественный злаково-разнотравный	9,2	2,4	1,7
Сеяный многолетний злаковый	1,8	1,6	1,4
<i>Силос (влажность 75%)</i>			
Естественный злаково-разнотравный	5,1	1,3	1,0
Сеяный многолетний злаковый	1,0	0,91	0,76
<i>Зеленая масса (влажность 82%)</i>			

Естественный злаково-разнотравный	3,7	0,95	0,69
Сеяный многолетний злаковый	0,73	0,65	0,55

Оптимальная структура посевных площадей в каждом субъекте хозяйствования определяется, прежде всего, урожайностью и набором культур. Сбалансированное получение в сельскохозяйственной организации кормов по протеину и обменной энергии возможно только при расширении площадей под бобовыми культурами, например, многолетними бобовыми травами, которые в зависимости от видового состава можно включать как в севообороты, так и отводить под них отдельные поля. То есть за счет оптимизации структуры площадей можно увеличивать продуктивность животноводства.

При оптимизации структуры посевных площадей в сельскохозяйственных организациях с высоким удельным весом торфяных почв исходят из наличия некоторых ограничений на долевое участие посевов отдельных культур. Например, наличие в структуре трав от 40 до 50 %, технических культур (рапса) не более 5 %, корнеплодов не более 5 %.

Эти условия, а также уровень урожайности культур определяют оптимальную для каждой сельскохозяйственной организации структуру посевных площадей с учетом специализации, поголовья и интенсификации животноводства. Так, для первого уровня интенсификации при урожайности кормовых культур: зерновых 25–30 ц/га, кукурузы на зеленую массу – до 300 ц/га, на зерно до 70 ц/га, многолетних трав –100–330 ц/га, структуры кормов для молочного стада (до 5,0 тыс. кг молока с коровы/год и с привесами 0,8–1,0 кг/сутки)) разработан вариант наиболее оптимальной типовой структуры посевных площадей (таблица 5.22).

Таблица 5.22 – Оптимальной вариант типовой структуры посевных площадей для сельскохозяйственных организаций с молочно-мясной специализацией первого уровня интенсификации

Культуры	Удельный вес, %	
	Молочно-мясная специализация	Мясо-молочная специализация
Озимые зерновые	20	15
Яровые зерновые	15	15
Корнеплоды	5	5
Кукуруза – зерно	10	5
Кукуруза – зел. масса	15	10
Однолетние травы (бобово-злак. смеси)	10	5
Многол. травы (бобово-злаковые травосмеси)	5	10
Многол. бобовые травы	15	30

Поживные и/или поукосные	40	15
Технические культуры	5	5

Для второго уровня интенсификации (при повышении урожайности зерновых яровых до 40 ц/га и озимых 45 ц/га, зеленой массы кукурузы – 600 ц/га, зерна – 70–75 ц/га, многолетних трав 200–400 ц/га), разработаны несколько другие структуры площадей, реализация которых обеспечивает прирост около 1000 г мяса/сутки и надой 6 тыс. кг молока с коровы/год (таблица 5.23). Причем реализация данной структуры позволяет сократить площадь сельскохозяйственных угодий на голову КРС до 0,7 га.

Таблица 5.23 – Вариант оптимальной типовой структуры посевных площадей для сельскохозяйственных организаций второго уровня интенсификации

Культуры	Удельный вес, %	
	Молочно-мясная специализация	Мясо-молочная специализация
Озимые зерновые	15	15
Яровые зерновые	15	15
Корнеплоды	0	5
Кукуруза - зерно	10	0
Кукуруза - зел. масса	15	10
Однолетние травы (бобово-злак. смеси)	5	5
Многол. травы (бобово-злаковые травосмеси)	5	20
Многол. бобовые травы	30	25
Технические культуры	5	5

Для третьего уровня специализации, где достигается урожайность зерновых яровых до 45–50 ц/га и озимых 50–55 ц/га, зеленой массы кукурузы – до 650 ц/га, зерна – 75 ц/га, многолетних трав 400–480 ц/га и получении 6 тыс. кг молока с коровы/год также разработана структура площадей (таблица 5.24). Эти структуры позволяют получать сбалансированные корма на весь год на 1 корову с площади 0,7 га.

Наличие в составе земель сельскохозяйственных организаций торфяных, минеральных торфяных и постторфяных почв требует соблюдения, кроме учёта гидрологического режима полей, на которых они располагаются и содержания ОВ, определенной структуры использования севооборотов, исходя из доли этих почв.

Если торфяные почвы занимают менее 25 % площадей, то на всех площадях с торфяными почвами необходимо и экономически целесообразно реализовать травяно-зерновые севообороты:

4–5 лет злаковые или бобово-злаковые травосмеси в зависимости от гидрологических условий с промежуточными зерновыми при перезалужении.

Таблица 5.24 – Вариант оптимальной типовой структуры посевных площадей для сельскохозяйственных организаций третьего уровня интенсификации

Культуры	Удельный вес, %	
	Молочно-мясная специализация	Мясо-молочная специализация
Озимые зерновые	15	15
Яровые зерновые	15	15
Корнеплоды	0	5
Кукуруза – зерно	10	0
Кукуруза – зел. масса	15	10
Однолетние травы (бобово-злак. смеси)	5	5
Многол. травы (бобово-злаковые травосмеси)	5	20
Многол. бобовые травы	30	25
Технические культуры	5	5

Когда торфяные почвы занимают от 25 до 50 % площадей, а содержание $OB > 30$ %, на этих площадях реализуются травяно-зерновые севообороты. При содержании $OB < 30$ % на этих площадях реализуются зерно-травяно-пропашные севообороты.

В случае высокого плодородия имеющих авторморфных минеральных почв и их продуктивности на всех площадях с торфяными почвами рекомендуется реализовывать травяно-зерновые севообороты. Видовой состав трав необходимо адаптировать к почвенно-гидрологическим условиям полей.

В тех хозяйствах, где торфяные почвы занимают более 50% площадей, необходимо реализовывать зерно-травяно-пропашные севообороты, отвечающие потребностям сельскохозяйственной организации и ее специализации. Почвенные разновидности торфяных почв с содержанием $OB > 50\%$ необходимо отводить под травы, а минеральные торфяные и постторфяные почвы – под стандартные севообороты, адаптированные к гидрологическим условиям полей.

В сложившихся современных условиях кроме оценки урожайности кормовых культур и валовых сборов высокое значение приобретают экономические показатели их возделывания. Одним из критериев оценки выбора культур, применения систем удобрений, а также оптимальной структуры посевных площадей является экономическая эффективность. При правильном подходе к оптимизации структуры,

формированию севооборотов из адаптированных к почвенно-гидрологическим условиям полей кормовых культур, учитывая потребности хозяйства в качественных кормах, всегда можно при производстве кормов получать прибыль. Даже если возделывание отдельных культур нерентабельно, то при правильной структуре севооборотов и посевных площадей оно в целом будет прибыльным. Так, на примере изменения структуры зерно-травяно-пропашного севооборота с учетом агроэкономических характеристик выбранных сельскохозяйственных организаций (КСУП «Совхоз «Коммунист» и «Скороднянский») Ельского района видно, что увеличение доли зерновых (рисунок 5.2.) или пропашных (кукурузы или картофеля, рисунки 5.3, 5.4) приводит к снижению прибыли.

Прибыль на 1 га по зерновым и картофелю получена по данным деятельности сельскохозяйственных организаций (за 2009 г.) как отношение разницы между средней себестоимостью валовой продукции после доработки и средней ценой реализации данной продукции к площади занимаемой культуры.

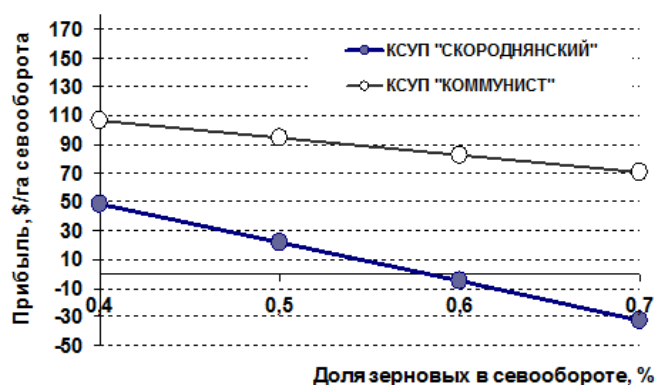


Рисунок 5.2 – Зависимость прибыли зерно-травяно-пропашного севооборота от доли зерновых культур при постоянной доле пропашных 20%

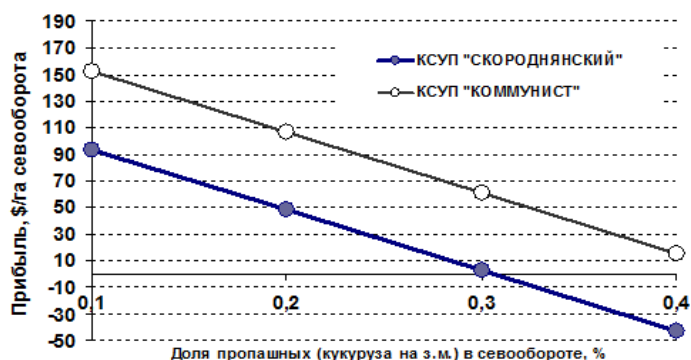


Рисунок 5.3 – Зависимость прибыли зерно-травяно-пропашного севооборота от доли кукурузы при постоянной доле зерновых 40%

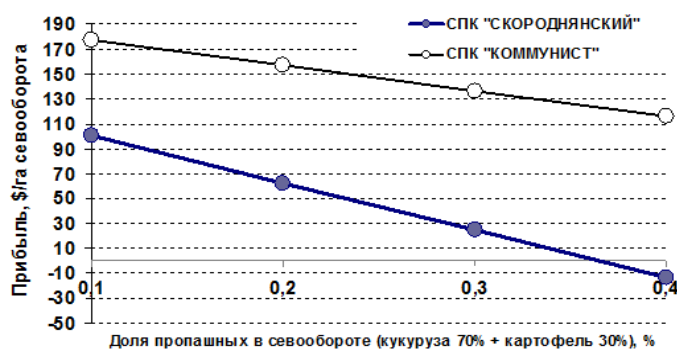


Рисунок 5.4 – Зависимость прибыли зерно-травяно-пропашного севооборота от доли пропашных культур при постоянной доле зерновых 40%

В связи с тем, что во время исследований данные по экономической деятельности сельскохозяйственных организаций по многолетним травам и кукурузе на зеленую массу отсутствовали, прибыль по данным культурам была получена как разница между себестоимостью 1 т кормовых единиц и стоимостью 1 т кормовых единиц (из расчета на 1 кормовую единицу овса). Прибыль на 1 га севооборота рассчитана исходя из доли культуры в севообороте.

Выбор той или иной структуры севооборота зависит от специализации хозяйства и потребности его в кормах. Из приведенных выше графиков видно, что наибольшая прибыль на 1 га севооборотной площади приходится на севооборот со структурой зерновые 40 %, многолетние травы 40 %, пропашные 20 %.

При включении в структуру севооборотов многолетних бобовых трав, например, люцерны, более 25–55% условная прибыль от производства растениеводческой продукции имеет тенденцию к возрастанию (рисунок 5.5).

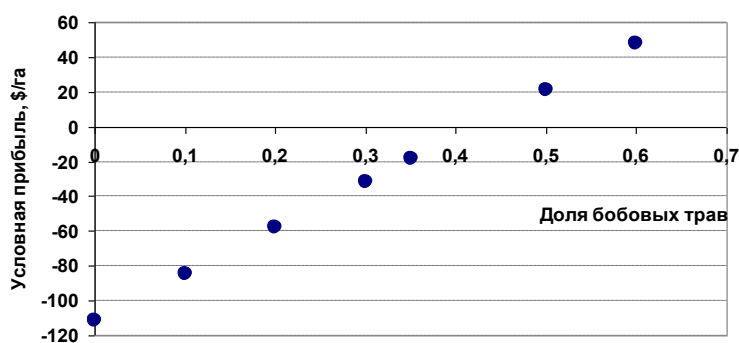


Рисунок 5.5 – Средняя по севооборотам условная прибыль в зависимости от доли бобовых трав

Таким образом, на основании зависимостей экономических показателей от вклада тех или других групп основных культур (зерновых, трав и т. д.) в структуру и севооборот, основанных на реальных агроэкономических показателях типичных сельскохозяйственных организаций с высокой долей торфяных почв различных стадий трансформации, были разработаны оптимальные структуры посевных площадей и модели севооборотов в зависимости от их специализации. Предложенные структуры севооборотов позволяют получать сбалансированные корма на 1 условную голову на весь год с площади 0,7 га/корову и иметь себестоимость молока в пределах 0,26–0,45 \$/л.

ГЛАВА 6. ОСОБЕННОСТИ ЛУГОВОГО КОРМОПРОИЗВОДСТВА

6.1. Улучшение суходольных и низинных лугов

Почвенно-климатические условия Беларуси благоприятны для роста и развития травянистой растительности, широкого распространения лугов, которые в недалеком прошлом занимали почти 3,5 млн га (около 40 % всех сельскохозяйственных земель). Естественные луга являются основным, а во многих случаях — единственным источником травяных кормов для скотоводства. Природа даёт траву практически без каких-либо затрат, необходимо только своевременно скосить и заготовить сено. Конечно, качество его бывает разным: сено с пойменных лугов, как правило, наилучшего качества, но во многих местах в травостоях преобладают разнотравье и осока.

К настоящему времени состояние лугов изменилось. Их площадь уменьшилась до 3,1 млн га, на 2,2 млн га проведено улучшение, в том числе на 1,6 млн га — мелиорация. Таким образом, сегодня 71 % луговых земель представлены сеяными травостоями, которые в последние годы обеспечивают получение 90 % всех производимых на лугах травяных кормов.

В прошлом это преимущественно переувлажненные земли с торфяными, дерново-подзолистыми, дерново-глеевыми и глееватыми почвами, наиболее влагообеспеченные, с повышенным содержанием органического вещества. Как раз то, что нужно для многолетних трав. Агробиологический потенциал улучшенных лугов — не менее 6–8 т/га сухого вещества, а всего они могут давать примерно 13,2–17,6 млн т. Фактически же в Беларуси производится в два с лишним раза меньше. Основных причин такого недобора две: недостаточное использование агробиологического потенциала луговых земель и очень большие (до 45–50 %) потери урожая (Мееровский А., Бирюкович А., 2016).

В результате аварии на Чернобыльской АЭС радиоактивному загрязнению подверглись луга различных типов (суходольные, низинные, пойменные), которые отличаются разнообразием почвенного покрова, степенью окультуренности, уровнем плодородия, влагообеспеченностью, продуктивностью, структурой и качеством травостоев. Около 60 % (1466,3 тыс. га) в структуре кормовых угодий Республики Беларусь приходится на суходольные и низинные луга, сформирован-

ные на дерново-подзолистых автоморфных и полугидроморфных и дерновых полугидроморфных почвах.

Одна из важнейших задач лугового кормопроизводства на загрязненных территориях – довести продуктивность каждого гектара сенокосов и пастбищ на минеральных почвах до уровня 30–50 ц к. е. и обеспечить производство грубых и сочных кормов (сено, зеленая масса, сенаж), отвечающих требованиям «Республиканских допустимых уровней содержания цезия-137 и стронция-90 в сельскохозяйственных сырье и кормах», за счет применения научно обоснованных технологий их улучшения (коренного улучшения и перезалужения).

В результате 9-го тура агрохимического и радиологического обследований было уточнено, что в Беларуси луговое кормопроизводство ведется на 432,2 тыс. гектарах естественных и улучшенных сенокосно-пастбищных угодий, имеющих плотность радиоактивного загрязнения ^{137}Cs более 37 кБк/м² (>1 Ки/км²), из которых 161,4 тыс. гектаров одновременно загрязнены ^{90}Sr свыше 5,55 кБк/м² ($>0,15$ Ки/км²).

В данном разделе рассматриваются агротехнические и агрохимические защитные мероприятия, разработанные совместно учеными РУП «Институт почвоведения и агрохимии НАН Беларуси», а также лаборатории агроэкологии РНИУП «Институт радиологии» в рамках направления Государственной программы Республики Беларусь по преодолению последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС: «Разработка интегрированных систем ведения сельского хозяйства на загрязненных радионуклидами территориях» (№№ госрегистрации 20001543, 20013125, 20022607) (Богдевич И. М., Подоляк А. Г. и др., 2004).

Так как данные угодья являются одним из важнейших источников кормов для животноводства, исследованию процессов миграции радионуклидов в звене почва луга – растения – корма со стороны научных работников уделяется постоянное внимание. Но прежде чем перейти к изложению научных результатов рассмотрим особенности по суходольным и низинным лугам.

Суходольные луга (суходолы) занимают возвышенности и равнины водоразделов и надпойменных террас. Часть этих лугов расположена на наиболее высоких точках рельефа и представлена, как правило, рыхло-песчаными дерново-подзолистыми (неразвитыми) малогумусными (содержание гумуса $< 1\%$) почвами, сухими и малозадернованными. Грунтовые воды на этих лугах залегают глубоко и недоступны для луговых трав. Атмосферное увлажнение недостаточное. Растительный покров скудный: булавоносец седой (*Corynephorus canescens* L.), белоус торча-

ший (*Nardus stricta* L.), овсяница красная (*Festuca rubra* L.), овсяница овечья (*Festuca ovina* L.), полевица тонкая (*Agrostis alba* L.), вейник наземный (*Galamagrostis epigeios* L.) в сочетании со щавелем малым (кислым) (*Rumex acetosa* L.), тысячелистником обыкновенным (*Achillea millefolium* L.) (таблица 6.1).

Таблица 6.1 – Классификация суходольных и низинных лугов

Тип почвы	Тип травостоя
Суходольные луга	
Дерново-подзолистые автоморфные, дерново-подзолистые временно избыточно увлажненные	1. Крупнозлаковые: <i>тимофеечные</i> , <i>луговоовсянищевые</i> ; 2. Мелкозлаковые: <i>тонкополевищевые</i> , <i>душистоколосковые</i> ; 3. Мелкотравные: <i>нивяниковые</i> , <i>щавельковые</i> , <i>погремковые</i> ;
Низинные луга	
Дерново-подзолистые полугидроморфные (глееватые, глеевые), дерновые полугидроморфные (глееватые, глеевые)	1. Клеверо-разнотравно-злаковые 2. Разнотравно-щучковые 3. Злаково-осоково-разнотравные 4. Разнотравно-злаково-осоковые

Вторая часть суходольных лугов располагается на слегка пониженных равнинах, среди пашен, на надпойменных террасах, в долинах рек, на пологих склонах по окраинам болот и развивается на дерново-подзолистых почвах различного гранулометрического состава, иногда со следами оглеения в нижних иллювиальных горизонтах. Грунтовые воды залегают глубоко и недоступны для растений. Атмосферное увлажнение умеренное, весной – кратковременно избыточное, а летом – недостаточное. В растительном покрове преобладают тимофеевка луговая (*Phleum pratense* L.), овсяница луговая (*Festuca pratensis* Huds.), душистый колосок обыкновенный (*Anthoxanthum odoratum* L.), клевер пашенный (котики) (*Trifolium arvense* L.) и разнотравье – ослинник двулетний (*Oenothera biennis* L.), щавель конский (*Rumex confertus* Willd.), пижма обыкновенная (*Tanacetum vulgare* L.)

В понижения рельефа формируются суходольные луга на дерново-подзолистых и дерновых почвах разной степени оподзоленности с признаками временно избыточного увлажнения различного гранулометрического состава. Грунтовые воды на этих лугах доступны луговым травам, залегают на глубине 110 см и выше. Весной и осенью увлажнение избыточное за счет натечных вод. На дерново-подзолистых почвах формируются сообщества из белоуса торчащего

(*Nardus stricta* L.), а на плодородных дерновых – из щучки дернистой (*Deschampsia cespitosa* L.).

Низинные луга занимают понижения на водоразделах и надпойменных террасах, котловины и межхолмные пространства и формируются в основном на дерново-подзолистых и дерновых глееватых и глеевых почвах, но иногда могут быть представлены дерново-торфяно-глеевыми и торфянисто-глеевыми маломощными почвами. Увлажнение – длительно избыточное за счет грунтовых и поверхностных вод.

Растительный покров низинных лугов представлен следующими ботаническими группами и видами: злаками – щучкой дернистой (*Deschampsia cespitosa* L.); белоусом торчащим (*Nardus stricta* L.); мятликом луговым (*Poa pratensis* L.); лисохвостом луговым (*Alopecurus pratensis* L.), мелкими осоками – осокой черной (*Carex nigra* L.); осокой просяной (*Carex panicea* L.); осокой желтой (*Carex flava* L.) и влажным разнотравьем: лапчаткой гусиной (*Potentilla anserina* L.); чередой трехраздельной (*Bidens tripartita* L.), таволгой вязолистной (*Filipendula ulmaria* L.), раковыми шейками (*Bistorta major* S. F. Gray).

Уровень плодородия почв сенокосов и пастбищ на лугах суходольного и низинных типов невысок и оценивается в пределах 20–35 баллов. Почвы отличаются низким содержанием органического вещества и глинистых минералов, подвижных форм фосфора и калия, низкой степенью насыщенности основаниями, высокой обменной и гидролитической кислотностью и, как следствие этого, для естественных травостоев этих лугов характерна низкая урожайность (3–15 ц/га сена) и высокое накопление радионуклидов, особенно ^{90}Sr .

После чернобыльской аварии на загрязненных ^{137}Cs и ^{90}Sr территориях для повышения продуктивности кормовых угодий и снижения поступления радионуклидов в травостой потребовались в сельскохозяйственном производстве научно обоснованные схемы улучшения суходольных и низинных лугов, предусматривающие регулирование водно-воздушного режима почв, внесение известковых, органических и минеральных удобрений, подбор травосмесей злаковых и бобовых трав и полное соблюдение в течение 4–5 лет технологий их эксплуатации и ухода (Фирсакова С. К., 1992; Подоляк А. Г., 2002).

С целью уточнения радиационной обстановки и для определения основных агрохимических показателей почв на сенокосно-пастбищных угодьях, расположенных на лугах различных типов, один раз в 4 года проводят их радиологическое и агрохимическое обследование согласно методике: «Крупномасштабное агрохимическое и радиологическое обследование почв сельскохозяйственных угодий

Беларуси: Методические указания». (Минск, 2001). После обследования составляются картограммы угодий, в которых указывается плотность загрязнения ^{137}Cs и ^{90}Sr согласно градации, агрохимические показатели почв по каждому элементарному участку.

Для прогноза накопления ^{137}Cs и ^{90}Sr в травяных кормах лабораторией агроэкологии РНИУП «Институт радиологии» были установлены коэффициенты перехода, рассчитанные по комплексному параметру изменения почвенного плодородия – индексу агрохимической окультуренности почв (Иок.), поскольку он учитывает несколько основных агрохимических показателей почв (величину обменной кислотности $\text{pH}_{(\text{KCl})}$, содержание гумуса, содержание подвижного K_2O и P_2O_5).

Для сенокосно-пастбищных угодий, расположенных на суходольных и низинных лугах, этот показатель рассчитывается по следующей формуле:

$$\text{Иок.} = (\text{Гумус} - 0,5\%) / 13,2 + (\text{pH} - 3,5) / 10,8 + (\text{P}_2\text{O}_5 - 20) / 560 + (\text{K}_2\text{O} - 20) / 640,$$

где: гумус – содержание гумуса в почве, %;

pH – величина обменной кислотности почвы;

P_2O_5 и K_2O – содержание подвижного калия и фосфора в почве, мг/кг почвы.

Данный комплексный показатель почвы позволяет сенокосно-пастбищные угодья разделять по степени окультуренности на четыре группы:

очень низкая (Иок. < 0,40); низкая (Иок. – 0,41–0,60);

средняя (Иок. – 0,61–0,80); высокая (Иок. – 0,81–1,00).

Величину коэффициентов перехода радионуклидов в сено (для сенокосов) и зеленую массу (для пастбищ) многолетних злаковых трав было предложено рассчитывать с помощью уравнений линейной регрессии, используя значения индекса агрохимической окультуренности (таблица 6.2).

Но на практике самым простым способом прогнозирования содержания радионуклидов в травяных кормах, производимых на суходольных и низинных лугах, который не требует проведения дополнительных расчетов, является использование номограмм.

В послеаварийный период к самым эффективным, с радиологической точки зрения, приемом на лугах и пастбищах относится повторное залужение. Повторное залужение (перезалужение) улучшенных кормовых угодий, проводимое после 4–5 лет их использования, позволяет не только создать новый травостой вместо деградированного

за счет посева злаковых и бобово-злаковых травосмесей, но и даёт возможность до 5 раз снизить размеры перехода ^{137}Cs и в 2–3 раза ^{90}Sr в травяные корма. При этом во время залужения кормовых угодий особое внимание уделяется системе обработки почвы, применению удобрений (внесению известковых, органических, минеральных удобрений), подбору травосмесей в зависимости от типа использования (сенокосный или пастбищный), уходу за вновь созданными кормовыми угодьями.

Таблица 6.2 – Уравнения линейной регрессии для определения величины коэффициентов перехода (Кп, Бк/кг:кБк/м²) ^{137}Cs и ^{90}Sr в травостой суходольных и низинных лугов

Гранулометрический состав почв	^{137}Cs	^{90}Sr
Сено (сенокосы)		
Суглинистые	Кп ^{137}Cs = -0,51Иок + 0,63 (R ² = 0,73)	Кп ^{90}Sr = -8,11Иок. + 14,05 (R ² = 0,63)
Супесчаные	Кп ^{137}Cs = -1,78Иок + 2,15 (R ² = 0,71)	Кп ^{90}Sr = -9,75Иок. + 16,33 (R ² = 0,60)
Песчаные	Кп ^{137}Cs = -2,85Иок + 3,46 (R ² = 0,65)	Кп ^{90}Sr = -13,02Иок. + 21,76 (R ² = 0,67)
Зеленая масса (пастбища)		
Суглинистые	Кп ^{137}Cs = -0,27Иок + 0,36 (R ² = 0,75)	Кп ^{90}Sr = -1,92Иок. + 3,15 (R ² = 0,71)
Супесчаные	Кп ^{137}Cs = -0,37Иок + 0,50 (R ² = 0,70)	Кп ^{90}Sr = -2,25Иок. + 3,75 (R ² = 0,65)
Песчаные	Кп ^{137}Cs = -0,61Иок + 0,78 (R ² = 0,70)	Кп ^{90}Sr = -3,12Иок. + 5,05 (R ² = 0,67)

Среди изученных и внедренных в производство способов обработки суходольных и низинных лугов следует назвать первичную обработку почвы с оборотом пласта, безотвальную обработку тяжелыми боронами и фрезерную обработку. При этом предпосевная обработка включает: дискование (разделка пласта), внесение удобрений, повторное дискование, боронование (планировка поверхности), дополнительное удаление древесных остатков, камней, уплотнение почвы прикатыванием.

Технология обработки почвы суходольных лугов со слабой и средней дерниной без древесно-кустарниковой растительности состоит из подъема пласта, его разделки, планировки и предпосевного прикатывания. Подъем пласта осуществляют плугами (например, ПК-5-35) на глубину гумусового горизонта без захвата подзолистого

горизонта или с его припахиванием не более 1–2 см (если вносятся органические удобрения). Припахивание предназначено для углубления пахотного слоя и эффективно в случаях, когда гумусовый горизонт имеет малую мощность – 16–18 см. Разделка пласта осуществляется дисковыми боронами в 1–2 следа в сцепке с тяжелыми зубowymi боронами. Когда дискование проводится в два следа, то второй след только по диагонали по отношению к первому, то есть под углом 45°. После тщательной разделки пласта осуществляется планировка поверхности ВП-3,6, ПВМ-5,0, ПВМ-3,0. Затем выполняют предпосевное прикатывание кольчато-шпоровыми катками. Оно необходимо для равномерной заделки семян в почву на нужную глубину.

Обработка почвы низинных лугов с мощной пахотной дерниной (более 20 см) включает фрезерование дернины в один след болотными фрезами ФБН-2,0, ФБК-1,5, последующую вспашку, разделку пласта, планировку и прикатывание перед посевом. Вспашка минеральных почв осуществляется на глубину до 20 см. Разделка пласта осуществляется в 2–3 следа дисковыми боронами БДТ-3,0. Затем проводится планировка поверхности и прикатывание.

При повторном залужении (перезалужении) суходольных и низинных лугов, если не планируется внесение органических и известковых удобрений и кормовые угодья находятся в хорошем состоянии (нет кочек и поверхность выровнена), применяется поверхностное фрезерование комбинированным агрегатом для залужения или обновляет травостой путем подсева в дернину травосмесей злаковых и бобовых трав.

Отличительной особенностью луговых трав является повышенное требование к элементам питания (азот, фосфор, калий), что связано с продолжительностью вегетационного периода и многократным использованием травостоя (сенокосение и стравливание). По потребности в питательных веществах луговые травы близки к таким культурам, как овощные и силосные, поскольку с 10 ц основной продукции (сено) в зависимости от типа луга отчуждается 15–20 кг N, 5–6 кг P₂O₅, 20–25 и более K₂O. В комплексе мероприятий по повышению урожайности и качественных показателей травостоя сенокосов и пастбищ решающая роль принадлежит минеральным, органическим и известковым удобрениям. Важнейшее условие их рационального применения – установление эффективных доз, видов, форм и технологии их применения в зависимости от свойств почвы, состава травостоя и способа его использования. Результаты многолетних исследований показали, что наиболее высокую отдачу от удобрений на сенокосно-пастбищных угодьях можно получить от совместного приме-

нения органических, известковых, азотных, фосфорных и калийных удобрений. Научно обоснованное питание луговых трав не только обеспечивает рост их продуктивности, продлевает сроки использования травостоя, делает их менее чувствительными к неблагоприятным погодным условиям, но и снижает поступление радионуклидов в условиях радиоактивного загрязнения (Агеец В. Ю., 2001).

Известкование обеспечивает не только устойчивое снижение поступления радионуклидов в луговые травы (до 2 раз ^{137}Cs и до 3 раз ^{90}Sr), но и увеличивает их урожайность (прибавка урожая сена до 10 ц/га) и способствует повышению почвенного плодородия (за счет увеличения в почвенном растворе и почвенно-поглощающем комплексе ионов Ca^{2+} и Mg^{2+}). На кислых почвах невозможно получить высоких урожаев большинства многолетних злаковых трав (тимopheевка луговая, овсяница луговая, лисохвост луговой, кострец безостый, ежа сборная) и бобовых трав (клевер луговой, клевер гибридный, клевер ползучий).

Результаты исследований, полученные учеными РУП «Институт почвоведения и агрохимии НАН Беларуси», показали, что для кормовых угодий, расположенных на дерново-подзолистых почвах, загрязненных ^{137}Cs и ^{90}Sr , оптимальная величина $\text{pH}_{(\text{KCl})}$ находится в пределах 5,2–6,2 (таблица 6.3).

Таблица 6.3 – Оптимальные уровни величины обменной кислотности для дерново-подзолистых почв кормовых угодий, загрязненных радионуклидами (Василюк Г. В. и др., 1997).

Тип почвы	Тип травостоя	
	злаковые	бобово-злаковые
Суглинистые	5,6–5,8	6,0–6,2
Супесчаные	5,4–5,6	5,6–5,9
Песчаные	5,2–5,4	5,4–5,6

Достижение этих параметров осуществляется известкованием дифференцированными дозами доломитовой муки, которые рассчитываются с учетом типа почвы, гранулометрического состава, величины обменной кислотности и плотности загрязнения почв радионуклидами согласно «Инструкции по известкованию кислых почв сельскохозяйственных угодий Республики Беларусь» (Минск, 1997).

Как показывают результаты исследований, на сенокосно-пастбищных угодьях доломитовую муку под вспашку лучше не вносить, так как значительное ее количество оказывается заделанным слишком глубоко, за исключением, когда разовая доза в физическом весе превышает 8 т/га. В этом случае наибольший эффект дает по-

слоиное внесение доломитовой муки, при котором 30 % расчетной дозы вносится под дискование перед вспашкой и 70 % расчетной дозы – под дискование после вспашки. В других случаях рекомендуется всю дозу доломитовой муки вносить под дискование после проведения вспашки. Поверхностное внесение доломитовой муки на естественный и культурный травостой суходольных лугов малоэффективно и его применение в условиях производства нецелесообразно.

В качестве контрмеры, обеспечивающей снижение поступления ^{137}Cs и ^{90}Sr в травостой лугов, а также с целью поддержания почвенного плодородия, при улучшении суходольных и низинных лугов (если содержание гумуса в почве не превышает 3 %) рекомендуется вносить органические удобрения (подстилочный навоз, торфонавозные компосты, сапропели, нейтрализованный лигнин и др.). Установлено, что органические удобрения способствуют закреплению азота минеральных удобрений в почве, снижают потери этого элемента в результате вымывания и денитрификации, а также обеспечивают бездефицитный и положительный баланс гумуса, повышают содержание обменных форм фосфора и калия.

Почвы сенокосов и пастбищ хозяйств республики содержат больше органического вещества по сравнению с пахотными угодьями, однако, основная их часть расположена на суходольных лугах с маломощной дерниной и низким содержанием гумуса. Необходимо использовать все имеющиеся источники обогащения почв органическим веществом. Установлено, что при их перезалужении (один раз в 5 лет) необходимо вносить 20–40 т/га подстилочного навоза или компоста (соотношение навоза и торфа должно быть 1:1–1:2 для дерново-подзолистых почв; 1:4–1:6 для дерновых).

Результаты исследований, полученные учеными РНИУП «Институт радиологии» в рамках международного проекта «REDUP» (Research project European Commission Contract №I C15-CT 96-0212), показали, что внесение органических удобрений (торф, сапропель, подстилочный навоз КРС) совместно с минеральными и известковыми удобрениями при улучшении кормовых угодий, имеющих высокую плотность загрязнения радионуклидами – ^{137}Cs – 1110 кБк/м² (30 Ки/км²) и ^{90}Sr – 111 кБк/м² (3 Ки/км²) обеспечивает в 3–6 раз снижение поступления ^{137}Cs , и в 1,5–2 раза ^{90}Sr и получение дополнительно 35–70 ц/га сена с каждого улучшенного гектара.

Рекомендуемые дозы органических удобрений для перезалужения кормовых угодий, загрязненных радионуклидами, представлены в таблице 6.4. (Богдевич И. М. и др., 1985). Органические удобрения на загрязненных территориях применяются в соответствии с имею-

щимися региональными технологиями их внесения при условии соблюдения обязательного радиационного контроля.

Наряду с органическими требуется применение минеральных удобрений. По данным ученых РУП «Институт почвоведения и агрохимии НАН Беларуси», на луговых угодьях в год внесения из минеральных удобрений усваивается до 65 % азота, до 20 % фосфора и до 60 % калия. Использование питательных элементов из удобрений обусловлено дозами удобрений и соотношением между питательными элементами, почвенными условиями, хозяйственным использованием и составом травостоя. Наиболее высокий эффект имеет на сенокосах и пастбищах внесение полного минерального удобрения: азотных, фосфорных и калийных. При этом на пастбищных травостоях оплата удобрений урожаем (прибавка урожая за счет удобрений) выше, чем на сенокосах (на 1 кг внесенного азота можно получить, соответственно 20–24 и 10–12 к. е.).

Таблица 6.4 – Рекомендуемые дозы органических удобрений (т/га) при перезалужении кормовых угодий

Содержание гумуса, %	Доза удобрений (т/га)	Прибавка урожая, ц к.е
>3,0	–	–
1,5–3,0	20–30	10–15
<1,5	30–40	15–20

Результаты исследований, полученные отечественными и зарубежными учеными, как в «доаварийный период» так и в первые годы после аварии на ЧАЭС, показали, что внесение азота в аммонийной форме (NH_4^+) на сенокосах и пастбищах приводит к увеличению концентрации радионуклидов в урожае многолетних трав в 1,5–2 раза, а в виде нитратной формы (NO_3^-) – практически не влияет на их накопление.

При недостатке азота в почве снижается урожайность травостоя на суходольных лугах, а с другой стороны, применение высоких доз азотных удобрений усиливает накопление не только радионуклидов, но и нитратов в луговых растениях.

В настоящее время считается целесообразным на сенокосно-пастбищных угодьях, загрязненных ^{137}Cs и ^{90}Sr , применять азотные удобрения в составе полного минерального удобрения со значительным преобладанием калия. Внесение азотных удобрений рекомендуется проводить в таких дозах, которые бы обеспечивали наиболее высокие прибавки урожая в данных почвенных условиях. Предусмотрено также ограничение максимально допустимых доз азотных удобре-

ний. Так, при сенокосном использовании суходольных лугов доза азотных удобрений под каждый укос не должна превышать 90 кг д.в. на гектар, а при пастбищном – не более 60 кг д.в. на гектар после каждого стравливания травостоя во избежание избыточного накопления нитратов и радионуклидов в корме.

Весьма эффективным способом снижения поступления радионуклидов и нитратов в травяные корма являются медленнодействующие удобрения (карбамид и сульфат аммония с добавками гуматов), выпускаемые Гродненским ПО «Азот». По данным ученых РУП «Институт почвоведения и агрохимии НАН Беларуси», применение этих удобрений на дерново-подзолистых глееватых почвах в зависимости от плотности загрязнения радионуклидами и метеорологическими условиями вегетационного сезона обеспечивает снижение содержания ^{137}Cs от 5 до 47 % и ^{90}Sr от 4 до 37 % в урожае многолетних трав (Василюк Г. В. и др., 1998; Тулин С. А., Тулина А. С., 1994).

Обязательным приемом перезалужения сенокосов и пастбищ, обеспечивающим увеличение урожайности, улучшение качества сена и пастбищного корма, а также снижение перехода радионуклидов, на всех типах лугов является применение научно обоснованных доз калийных и фосфорных удобрений.

В связи с острым дефицитом фосфорных удобрений и их высокой стоимостью экономически не целесообразно внесение повышенных доз фосфорных удобрений и использование приёма как контрмеры, снижающей переход радионуклидов в травостой на кормовых угодьях. Доказано, что дозы фосфорных удобрений, вносимые на загрязненных территориях, должны обеспечивать бездефицитный баланс, необходимый для питания луговых растений.

При перезалужении кормовых угодий, в зависимости от степени загрязнения радионуклидами, в среднем вносят по 30–60 кг д.в. на каждый гектар фосфорных удобрений (0,7–1,5 ц/га двойного суперфосфата или 0,5–1,2 ц/га аммофоса).

Основным агрохимическим приемом, ограничивающим поступление ^{137}Cs в травостой суходольных и низинных лугов, является применение повышенных доз калийных удобрений. При улучшении кормовых угодий вносят, в зависимости от обеспеченности дерново-подзолистых почв подвижными формами калия и степени радиоактивного загрязнения, в среднем 60–120 кг д.в. на каждый гектар калийных удобрений (1,0–2,0 ц/га хлористого калия).

Для определения доз азотных, фосфорных и калийных удобрений, которые необходимо внести при улучшении сенокосно-пастбищных угодий, разработан пакет компьютерных программ, в ос-

нову которых положены методические разработки ученых РУП «Институт почвоведения и агрохимии НАН Беларуси» и РНИУП «Институт радиологии» (программа для ПЭВМ «Радуга»). Компьютерная программа основана на балансовом методе расчета доз удобрений с использованием коэффициентов возмещения выноса питательных элементов урожаем (сено или зеленая масса) – Кв.

В алгоритм расчета доз азотных удобрений заложена следующая формула:

$$D_N = (Y \times B \times K_v) / 1000,$$

где: D_N – доза азотных удобрений кг/га д.в.;

Y – планируемый урожай сена или зеленой массы, ц/га;

B – нормативный вынос азота с 10 ц травяных кормов;

K_v – коэффициент возмещения выноса азота, %.

Дозы фосфорных удобрений рассчитываются по следующей формуле:

$$D_{P_{2O_5}} = (Y \times B \times K_v) / 1000 \times K_{pH},$$

где: $D_{P_{2O_5}}$ – доза фосфорных удобрений кг/га д.в.;

Y – планируемый урожай сена или зеленой массы, ц/га;

B – нормативный вынос фосфора с 10 ц травяных кормов;

K_v – коэффициент возмещения выноса фосфора, %;

K_{pH} – коэффициент корректировки дозы в зависимости от величины рН. При $pH < 5,0$ – $K_{pH} = 1,2$; $pH = 5,1-5,5$ – $K_{pH} = 1,1$; $pH > 5,6$ – $K_{pH} = 1,0$.

Для расчёта калийных удобрений предложена следующая формула:

$$D_{K_2O} = (Y \times B \times K_v) / 1000 \times K_{рад.},$$

где: D_{K_2O} – доза калийных удобрений кг/га д.в.;

Y – планируемый урожай сена или зеленой массы, ц/га;

B – нормативный вынос калия 10 ц травяных кормов;

K_v – коэффициент возмещения выноса калийных, %;

$K_{рад.}$ – коэффициент корректировки дозы в зависимости от плотности радиоактивного загрязнения ^{137}Cs и ^{90}Sr :

1. ($^{137}Cs-37-185$ кБк/м²; $^{90}Sr-5,55-11,1$ кБк/м²) – $K_{рад.} = 1,0$;
2. ($^{137}Cs-186-555$ кБк/м²; $^{90}Sr-11,2-37,0$ кБк/м²) – $K_{рад.} = 1,2$;
3. ($^{137}Cs-555-1480$ кБк/м²; $^{90}Sr-37,1-111$ кБк/м²) – $K_{рад.} = 1,5$.

Применение минеральных, известковых и органических удобрений влияет не только на урожайность, но и вызывает изменение содержания и соотношений питательных элементов и, в конечном счете, отражается на качестве получаемых кормов.

Для предотвращения избыточного накопления калия в сене и ухудшения качества травяных кормов на почвах суходольных и низинных лугов с содержанием подвижного калия более 300 мг/кг почвы не планируется внесение калийных удобрений до следующего тура агрохимического обследования.

Следовательно, на территории радиоактивного загрязнения система применения удобрений при перезалужении суходольных и заболоченных лугов, загрязненных радионуклидами, направлена не только на максимальное снижение концентрации ^{137}Cs и ^{90}Sr , повышение продуктивности травостоя, но и на получение качественных кормов, соответствующих всем зоотехническим требованиям.

Травяной покров естественных и улучшенных сенокосов и пастбищ представляет собой совокупность нескольких видов растений, из которых один (реже два) являются доминирующими, и, таким образом, концентрация радионуклидов в растениях этого вида (видов) в значительной степени определяет уровень загрязнения травостоя в целом.

Условия питания луговых растений, различия в характере распределения и мощности корневых систем и другие их биологические особенности определяют межвидовые различия в аккумуляции ^{137}Cs и ^{90}Sr при корневом пути их поступления, которые могут достигать 10–30 и более раз.

Результаты исследований, полученные учеными РНИУП «Институт радиологии», свидетельствуют о том, что более низким накоплением ^{137}Cs на суходольных и низинных лугах отличаются представители семейства злаковых (Poaceae), а более высоким – семейства осоковых (Cyperaceae). По возрастанию коэффициентов перехода ^{90}Sr основные ботанические группы луговых растений можно расположить в следующем порядке: злаковые (Poaceae), осоковые (Cyperaceae), бобовые (Fabaceae) и разнотравье. Такие виды луговых трав как щучка дернистая (*Deschampsia cespitosa* L.), белоус торчащий (*Nardus stricta* L.), мятлик болотный (*Poa polystris* L.), лисохвост луговой (*Alopecurus pratensis* L), основная масса корней которых сосредоточена в верхнем (0–5 см) слое почвы, больше среди остальных злаков накапливают ^{137}Cs и ^{90}Sr (таблица 6.5).

Минимальными величинами коэффициентов перехода (0,3–2,7 для ^{137}Cs ; 1,6–5,9 для ^{90}Sr) характеризуются следующие злаки: ежа

сборная (*Dactylis glomerata* L.), кострец безостый (*Bromopsis inermis* Leys), овсяница луговая (*Festuca pratensis* L.).

Таблица 6.5 – Содержание ^{137}Cs и ^{90}Sr в травяных кормах (сено, влажность 16%), полученных из отдельных видов трав, произрастающих на суходольных и низинных лугах (Подольск А. Г. , 2002)

Вид	^{137}Cs 370 кБк/м ² (10 Ки/км ²)	^{90}Sr 37 кБк/м ² (1 Ки/км ²)
	Бк/кг	
Злаковые (Poaceae)		
Луговик дернистый (<i>Deschampsia cespitosa</i> L.)	2780–3770	747–962
Белоус торчащий (<i>Nardus stricta</i> L.)	2290–3450	385–514
Мятлик болотный (<i>Poa polystris</i> L.)	2250–3250	665–858
Булавоносец седой (<i>Corynephorus canescen</i> L.)	1920–2960	226–318
Овсяница овечья (<i>Festuca ovina</i> L.)	1810–2300	385–465
Лисохвост луговой (<i>Alopecurus pratensis</i> L.)	1660–2150	381–521
Тимофеевка луговая (<i>Phleum pratense</i> L.)	1110–1650	480–548
Овсяница луговая (<i>Festuca pratensis</i> Huds.)	1000–1440	218–281
Полевица белая (<i>Agrostis alba</i> L.)	630–750	315–418
Вейник тростниковидный (<i>Calamagrostis arundinacea</i>)	550–780	155–178
Двуклосточник тростниковый (<i>Phalaroides arundinacea</i> L.)	450–630	74–93
Мятлик луговой (<i>Poa pratensis</i> L.)	260–410	96–115
Кострец безостый (<i>Bromopsis inermis</i> Leys)	150–250	148–212
Ежа сборная (<i>Dactylis glomerata</i> L.)	110–200	59–96
Бобовые (Fabaceae)		
Клевер луговой (<i>Trifolium pratense</i> L.)	570–1540	2161–2315
Лядвенец рогатый (<i>Lotus corniculatus</i> L.)	530–1740	2953–3260
Клевер белый (ползучий) (<i>Trifolium repens</i> L.)	850–1220	1088–1320
Клевер гибридный (<i>Trifolium hybridum</i> L.)	590–1250	1521–1870
Осоковые (Cyperaceae)		
Осока лисья (<i>Carex vulpina</i> L.)	6500–14500	860–1054
Осока острая (<i>Carex acuta</i> L.)	4200–14210	807–936
Разнотравье (Rumexaceae; Lythraceae, и др.)		
Щавель конский (<i>Rumex confertus</i> Willd.)	16000–18500	2287–2340
Щавель малый (кислый) (<i>Rumex acetosa</i> L.)	14150–14800	2013–2210
Черда трехраздельная (<i>Bidens tripartita</i> L.)	10250–12400	747–906
Лапчатка гусиная (<i>Potentilla anserina</i> L.)	9920–12100	500–688
Подмаренник настоящий (<i>Galium verum</i> L.)	9580–11250	1810–1970
Горец почечуйный (<i>Polygonum pericaria</i> L.)	6510–8900	496–614
Тысячелистник обыкновенный (<i>Achillea millefolium</i>)	3590–3920	3611–4000
Подмаренник северный (<i>Galium boreale</i> L.)	3400–4510	1228–1606

Дербенник иволистый (<i>Lythrum salicaria</i> L.)	1630–2600	900–1225
Пижма обыкновенная (<i>Tanacetum vulgare</i> L.)	1000–1640	248–370

Различия в накоплении ^{137}Cs и ^{90}Sr растениями разных видов злаковых трав определяются развитием их корневой системы. Плотнукостовые злаки (щучка дернистая; овсяница овечья), как правило, накапливают больше радионуклидов, чем корневищные (кострец безостый; двукисточник тростниковый; вейник тростниковидный; полевица белая). Следует отметить, что размеры перехода ^{90}Sr в луговые растения в 1,5–10 раз выше по сравнению с размерами перехода ^{137}Cs при более низкой (на порядок) плотности радиоактивного загрязнения.

В структуре травостоя также определены отдельные виды луговых растений, отличающиеся наиболее высокими размерами перехода радионуклидов: щавель конский (*Rumex confertus* Willd.); щавелек кислый (*Rumex acetosa* L.); осока лисья (*Carex vulpina* L.); осока острая (*Carex acuta* L.); тысячелистник обыкновенный (*Achillea millefolium* L.), лядвенец рогатый (*Lotus corniculatus* L.).

Результаты исследований позволяют сделать вывод о том, что необходимо строго увязывать прогноз радиологической ситуации на естественных лугах с эколого-фитоценотическими исследованиями в естественных луговых сообществах. Для оценки объемов и прогноза качества кормов, получаемых с естественных кормовых угодий, в каждом хозяйстве, где имеются такие угодья, необходимо проводить не только их радиологическое обследование и паспортизацию, но и учитывать структуру луговых фитоценозов. Трансформация видового состава в структуре луговых фитоценозов в результате сукцессий может привести к доминированию таких разнотравно-осоковых ассоциаций, которые могут усиленно накапливать долгоживущие радионуклиды. В связи с этим необходимо предусматривать систему защитных мероприятий, которая позволяла бы сохранять в структуре травостоя ценные в хозяйственном отношении виды, отличающиеся как высокой продуктивностью, так и наименьшим накоплением радионуклидов.

Перезалужение кормовых угодий проводят травосмесями, поскольку они имеют преимущество перед чистыми посевами злаковых трав, превосходят их по продуктивности и более устойчивы к неблагоприятным условиям среды. Правильный подбор видов многолетних злаковых и бобовых трав при составлении травосмесей является важнейшей основой формирования продуктивного травостоя и предпосылкой его долголетия.

При подборе трав для травосмесей необходимо соблюдать следующие правила:

- *учитывать плотность радиоактивного загрязнения почвы;*
- *включать виды, хорошо приспособленные к данным почвенно-климатическим условиям и обеспечивающие получение высоких урожаев;*
- *учитывать предполагаемую длительность и тип использования.*

При формировании культурных пастбищных травостоев в условиях радиоактивного загрязнения наряду с типом улучшаемых угодий важная роль принадлежит хозяйственным факторам – системе применения минеральных удобрений, особенностям ухода за травостоем пастбища и характеру его дальнейшего использования. На малоплодородных дерново-подзолистых почвах при невысоком фоне минеральных удобрений более продуктивны краткосрочные пастбища, тогда как на более плодородных и богатых азотом осушенных дерново-глеевых при интенсивном уровне удобрения преимущества имеют культурные пастбища с длительным сроком использования.

На краткосрочных пастбищах с невысокой плотностью радиоактивного загрязнения (^{137}Cs – до 15 Ки/км^2 ($< 555 \text{ кБк/м}^2$); ^{90}Sr – до $0,50 \text{ Ки/км}^2$ ($< 18,5 \text{ кБк/м}^2$) дерново-подзолистых почв преобладающим типом травостоя является бобово-злаковый с высоким удельным весом клевера ползучего и лугового. В состав травосмесей наиболее целесообразно включить наиболее устойчивые в условиях Республики Беларусь верховые злаки – овсяницу луговую и тимофеевку луговую. Продолжительность использования бобово-злаковых травостоев краткосрочного типа 4–5 лет. При невысоком уровне азотного питания на пастбище формируются бобово-злаковые травостои с преобладанием низовых злаков и бобовых трав. Клевер луговой повышает продуктивность пастбища в первые два года использования, а клевер ползучий – в последующие годы. Можно включать в пастбищные травосмеси клевер луговой одноукосный, отличающийся большим долголетием, но лучше использовать сорта раннеспелого типа с хорошей отавностью. Травостои с высоким удельным весом клевера лугового и ползучего (30–40 % и более) позволяют за счет использования биологического азота получать при подкормке пастбища только фосфорно-калийными удобрениями примерно 4 тыс. к. е. с 1 га. Размеры симбиотической фиксации атмосферного азота бобовыми травами на пастбище соответствуют 100–150 кг/га азота минеральных удобрений, внесенных на злаковом травостое. Оптимальное участие клевера ползучего в таких травостоях составляет 25–35 %. В этом случае азота, накапливаемого клевером ползучим,

достаточно для обеспечения продуктивности пастбища на уровне 3,5–4 тыс. к. е. с 1 га. Если после выпадения бобовых трав в травостое сохраняются в значительном количестве ценные злаковые травы, его можно использовать без переизлучения более длительное время, удобряя по типу злакового с внесением наряду с фосфорно-калийными туками азотные удобрения (90–120 кг/га в год). Наличие в хозяйствах культурных пастбищ с бобово-злаковыми и злаковыми травостоями позволяет наиболее рационально использовать преимущества каждого из них и при ограниченном уровне азотного удобрения получать максимальное количество зеленого пастбищного корма (таблица 6.6).

На пастбищных угодьях, имеющих высокую плотность загрязнения радионуклидами, особенно ^{90}Sr , (^{137}Cs – более 15 Ки/км² (>555 кБк/м²); ^{90}Sr – более 0,50 Ки/км² (18,5 кБк/м²), при их переизлучении следует создавать высокопродуктивные злаковые травостои, предусматривая применение умеренных доз азотных удобрений.

В травосмеси нужно включать мятлик луговой на достаточно влагообеспеченных высокогумусированных низинных лугах, представленных дерновыми почвами с низкой кислотностью. Из верховых злаков в этих травостоях имеют распространение овсяница луговая и тимофеевка луговая. В том случае, если уровень удобрения, плодородия и влагообеспеченности почвы не соответствует требованиям мятлика лугового, доминирующим низовым злаком становится овсяница красная или полевица обыкновенная, или белая, продуктивность которых значительно ниже.

Создавая культурные пастбища с верховозлаковыми травостоями, в состав травосмесей можно включать небольшое число компонентов (2–3), а иногда даже ограничиться чистым посевом одного, поскольку при высоком уровне удобрения преобладающим обычно становится один, наиболее конкурентоспособный вид. На минеральных почвах главным компонентом верховозлаковых пастбищных травостоев чаще всего становится ежа сборная. Продуктивность пастбищ с ее доминированием при благоприятном водном режиме и достаточном уровне азотного питания может достигать 8–10 тыс. к. е. с 1 га.

На пониженных элементах рельефа с избыточным увлажнением ежа недостаточно устойчива. На таких местах формируются обычно травостои с преобладанием лисохвоста лугового и с участием овсяницы луговой, тимофеевки и мятлика лугового. В условиях республики травостои разных злаковых трав уже в начале мая имеют продуктивность на уровне 50–60 ц/га зеленой массы и вполне могут стравли-

ваться скотом. Поэтому при организации культурных пастбищ предусматривается создание специальных пастбищных загонов для раннего весеннего использования.

Таблица 6.6 – Травосмеси, рекомендуемые при перезалужении пастбищных угодий на суходольных и низинных лугах, загрязненных ^{137}Cs и ^{90}Sr

Тип почвы	Тип травостоя	Вид травосмеси	Норма высева, кг/га
Плотность загрязнения $^{137}\text{Cs} < 15 \text{ Ки/км}^2$ (555 кБк/м ²), $^{90}\text{Sr} < 0,50 \text{ Ки/км}^2$ (18,5 кБк/м ²)			
Дерново-подзолистые автоморфные, дерново-подзолистые временно избыточно увлажненные	Бобово-злаковые среднеспелые	овсяница луговая	15
		тимофеевка луговая	10
		клевер белый	3
		клевер луговой (раннеспелый)	2
		<i>всего</i>	30
	Бобово-злаковые позднеспелые	овсяница луговая	10
		тимофеевка луговая	8
		мятлик луговой	6
		клевер белый	3
		клевер луговой (позднеспелый)	3
<i>всего</i>	30		
Дерновые, дерново-подзолистые полугидроморфные	Бобово-злаковые среднеспелые	овсяница луговая	10
		тимофеевка луговая	5
		кострец безостый или лисохвост луговой	6
		мятлик луговой	3
		клевер луговой (раннеспелый)	3
		клевер белый	3
	<i>всего</i>	30	
	Бобово-злаковые позднеспелые	овсяница луговая	8
		тимофеевка луговая	6
		кострец безостый или лисохвост луговой	4
		мятлик луговой	4
		клевер белый	5
		Клевер гибридный (розовый)	3
<i>всего</i>		30	
Плотность загрязнения $^{137}\text{Cs} > 15 \text{ Ки/км}^2$ (555 кБк/м ²), $^{90}\text{Sr} > 0,50 \text{ Ки/км}^2$ (18,5 кБк/м ²)			
Дерново-подзолистые автоморфные, дерново-подзолистые временно избыточно увлажненные	Злаковые раннеспелые	овсяница луговая	10
		ежа сборная	8
		кострец безостый	5
		тимофеевка луговая	5
		мятлик луговой	2
		<i>всего</i>	30
Дерновые, дерново-подзолистые полугидроморфные	Злаковые раннеспелые	ежа сборная	12
		лисохвост луговой или костер безостый	8
		овсяница луговая	5
		мятлик луговой	5
		<i>всего</i>	30

На дерново-подзолистых почвах подходит посев ежи сборной в чистом виде (22–25 кг/га) или в составе травосмеси с ее преобладанием (10–14 кг/га), на дерново-глеевых и глееватых необходимо высевать 2–3 вида, чтобы избежать изреживания травостоя за счет ежи в годы с весенним переувлажнением почвы и обеспечить более высокую продуктивность пастбища в годы с сухим летним сезоном, когда урожайность лисохвоста резко снижается.

В составе травосмесей желателен преобладание ранних компонентов, поскольку при небольшом их участии пастбищный травостой получается очень неоднородным по высоте и хуже используется животными. Пастбища с преобладанием в травостое ежи сборной или лисохвоста лугового при ранневесенней подкормке их азотными удобрениями можно начинать стравливать весной на 7–10 дней раньше обычных бобово-злаковых травостоев. Это позволяет исключить использование для подкормки скота озимой ржи и значительно снизить себестоимость ранних зеленых кормов.

На долю культурных пастбищ, предназначенных для ранневесеннего стравливания, отводится примерно 20–25 % общей пастбищной территории. Располагать их следует по возможности вблизи животноводческих ферм и комплексов на повышенных элементах рельефа и преимущественно на дерново-подзолистых почвах.

Состав травосмесей для создания культурных сенокосов на загрязненных радионуклидами суходольных и низинных лугах определяется, прежде всего, характером улучшаемых угодий, их почвенным плодородием, особенностями водного режима, а также возможностями хозяйства вносить на этих площадях удобрения. Поэтому и на таких угодьях, в зависимости от их плотности загрязнения ^{137}Cs и ^{90}Sr , создаются как чисто злаковые, так и бобово-злаковые травостои (таблица 6.7).

Основными видами бобовых трав при создании сеяных травостоев для интенсивного укосного использования на суходольных и низинных лугах с невысокой плотностью радиоактивного загрязнения (^{137}Cs – до 15 Ки/км² (< 555 кБк/м²); ^{90}Sr – до 0,50 Ки/км² (< 18,5 кБк/м²)) в условиях республики наиболее целесообразны: клевер луговой, клевер гибридный, люцерна гибридная, люцерна рогатый.

Клевер луговой наиболее подходит для включения в состав травосмесей на хорошо известкованных дерново-подзолистых почвах суходольных лугов и хорошо осушенных низинных лугов с дерново-глееватыми почвами, а клевер гибридный подходит для сенокосов на более увлажненных дерново-глеевых почвах.

Люцерну следует высевать в чистом виде или в составе бобово-злаковых травосмесей на слабокислых, хорошо известкованных дерново-подзолистых и интенсивно осушенных дерново-глеевых и дерново-карбонатных почвах.

Таблица 6.7 – Травосмеси, рекомендуемые при перезалужении сенокосов на суходольных и низинных лугах, загрязненных ^{137}Cs и ^{90}Sr

Тип почвы	Тип травостоя	Вид травосмеси	Норма высева, кг/га
Плотность загрязнения $^{137}\text{Cs} < 15 \text{ Ки/км}^2 (555 \text{ кБк/м}^2)$, $^{90}\text{Sr} < 0,50 \text{ Ки/км}^2 (18,5 \text{ кБк/м}^2)$			
Дерново-подзолистые автоморфные, дерново-подзолистые временно избыточно увлажненные	Бобово-злаковые раннеспелые	люцерна гибридная	10
		ежа сборная	3
		всего	13
	Бобово-злаковые среднеспелые	кострец безостый	8
		овсяница луговая	8
		тимopheевка луговая	4
		клевер луговой (раннеспелый)	5
		всего	25
		люцерна гибридная	7,5
		кострец безостый	11
	всего	18,5	
	Бобово-злаковые позднеспелые	люцерна гибридная	10
		тимopheевка луговая	5
		всего	15
		овсяница луговая	12
тимopheевка луговая		8	
клевер луговой (позднеспелый)		5	
всего	25		
Дерновые, дерново-подзолистые полугидроморфные	Бобово-злаковые среднеспелые	люцерна гибридная	10
		ежа сборная	3
		всего	13
		кострец безостый	8
		овсяница луговая	6
		тимopheевка луговая	5
	клевер луговой (раннеспелый)	6	
	всего	25	
	Бобово-злаковые позднеспелые	люцерна гибридная	10
		тимopheевка луговая	5
		всего	15
		овсяница луговая	10
		тимopheевка луговая	5
		кострец безостый	5
		клевер гибридный	5
всего		25	
всего		25	
Плотность загрязнения $^{137}\text{Cs} > 15 \text{ Ки/км}^2 (555 \text{ кБк/м}^2)$, $^{90}\text{Sr} > 0,50 \text{ Ки/км}^2 (18,5 \text{ кБк/м}^2)$			
Дерново-подзолистые автоморфные, дерново-подзолистые временно избыточно увлажненные	Злаковые раннеспелые	овсяница луговая	10
		ежа сборная	5
		кострец безостый	5
		тимopheевка луговая	5
		всего	25

Дерновые, дерново- подзолистые полугидроморфные	Злаковые раннеспелые	овсяница луговая	10
		лисохвост луговой или костер безостый	5
		тимopheевка луговая	5
		мятлик луговой	5
		<i>всего</i>	<i>25</i>

Включение бобовых компонентов в травосмеси для сенокосного использования позволяет за счет фиксации атмосферного азота значительно снизить уровень применения азотных удобрений в первые годы использования травостоя и обеспечить получение достаточно высоких урожаев зеленого корма высокого качества. Оптимальное содержание бобовых трав в составе бобово-злаковых травосмесей составляет 30–40 %, а злаковых – 60–70 %. При таком соотношении злаковых и бобовых трав травостой отличаются наибольшей стабильностью урожаев по годам использования и наименьшей их засоренностью в годы изреживания бобовых компонентов. Люцерну гибридную рекомендуется возделывать в чистом виде или в составе бобово-злаковых травосмесей. По данным ученых Полесского филиала «Института земледелия и селекции НАН Беларуси», оптимальное соотношение норм высева семян люцерны гибридной и злаковой компоненты при посеве следующее: у раннеспелой травосмеси – люцерна 10 кг/га + ежа сборная 3 кг/га; среднеспелой – люцерна 8 кг/га + кострец безостый 11 кг/га; позднеспелой – люцерна 10 кг/га + тимopheевка луговая 5 кг/га. Данное соотношение злаковой и бобовой компоненты обеспечивает получение самого высокого урожая сухого вещества, кормовых единиц и переваримого протеина по сравнению с чистыми посевами злаковых трав. Особенно перспективна для хорошо осушенных дерново-глеевых почв двухкомпонентная бобово-злаковая травосмесь с включением люцерны и костреца безостого. Оба компонента травостоя хорошо дополняют друг друга: в первом укосе преобладает кострец безостый, а в двух последующих в урожае возрастает доля люцерны. В дальнейшем после выпадения люцерны такой травостой с доминированием костреца безостого можно эффективно использовать еще несколько лет, удобряя его более высокими дозами (60–90 кг/га д.в.) азота.

На территориях с высокой плотностью радиоактивного загрязнения (^{137}Cs – более 15 Ки/км² (>555 кБк/м²); ^{90}Sr – более 0,50 Ки/км² (>18,5 кБк/м²) при создании культурных лугов многоукосного использования можно формировать и чисто злаковые травостой, которые в условиях радиоактивного загрязнения и применения умеренных доз азота по продуктивности и долголетию значительно превосходят бобово-злаковые. Создаются такие травостой путем посева 2–4-компонентных злаковых травосмесей из овсяницы луговой, кост-

реца безостого, тимофеевки луговой. Под влиянием многократного скашивания и интенсивного уровня удобрения травостой высеянных травосмесей значительно изменяются. Доминирующими в них становятся наиболее конкурентоспособные травы, а зачастую один какой-то вид, который и определяет продуктивность травостоев. Поэтому, усложнение состава травосмесей обычно не оказывает существенного влияния на повышение продуктивности луговых трав. При интенсивном уровне удобрения и регулировании водного режима выравниваются агроэкологические условия даже на различных типах луговых местообитаний, что исключает необходимость большого разнообразия травостоев, упрощает их состав и сокращает количество включаемых в травосмеси видов трав. Если в дальнейшем (на 3–4 год эксплуатации) планируется сенокос использовать как пастбище, то в состав травосмеси следует включать 40–45 % низовых злаков (овсяница луговая или красная) и 55–60 % корневищных злаков (кострец безостый, мятлик луговой, лисохвост луговой).

При улучшении кормовых угодий на суходольных и низинных лугах практикуются как подпокровные, так и беспокровные посевы многолетних бобовых и злаковых трав. Нормы высева трав зависят от способа посева, почвы, хозяйственного использования травостоя. При создании пастбищных травостоев стараются сделать посев более плотным, для чего увеличивают норму высева. Расчет нормы высева каждого вида трав при их посеве в травосмеси осуществляется по следующей формуле:

$$H = (A \times 1000) / C \times B,$$

где, H – норма высева вида трав на гектар, кг/га;

A – норма высева при 100% посевной годности;

C – фактическая чистота семян в %;

B – фактическая всхожесть семян в % .

Результаты исследований показывают, что в условиях производства на сенокосно-пастбищных угодьях, почвы которых имеют высокие показатели почвенного плодородия (Иок.–0,8–1,0), целесообразно проводить прямой подсев в дернину многолетних бобовых и злаковых трав при помощи комплексного агрегата для перезалужения – АПР-2,6. Подсев бобовых трав в дернину дает возможность улучшать кормовые угодья с невысокой плотностью радиоактивного загрязнения (^{137}Cs –до 15 Ки/км² (< 555 кБк/м²); ^{90}Sr – до 0,50 Ки/км² (<18,5 кБк/м²), в структуре травостоя которых имеется не менее 40–50 % ценных бобовых и злаковых трав. Этот прием обеспечивает

увеличение продуктивности в среднем в 2 раза и снижает накопление ^{137}Cs в 2–3 раза, ^{90}Sr – в 1,2–1,5 раза в получаемых травяных кормах.

Кроме того, улучшаемые подсевом в дернину сенокосы и пастбища не исключаются из хозяйственного использования в год подсева, поскольку на этих угодьях можно получить 2 укоса (200–240 ц/га) зеленой массы.

Расчеты показывают, что если не проводится известкование ($\text{pH} > 5,5$), стоимость этого агроприема при улучшении одного гектара угодий составляет в среднем 110–120 у. е. (перезалужения по полной схеме – 280–300 у. е.).

Посев травосмеси при поверхностном улучшении можно проводить также сеялками МД-3,6, дисковые фрезы которых устанавливаются через 30 см и фрезеруют в дернине бороздки шириной 3 см и глубиной 3–4 см, заделывают семена измельченной почвой на глубину 1,0–1,5 см. Семена ложатся на твердое ложе бороздки, а всходы размещаются на глубине ниже поверхности почвы, предохраняясь от вытаптывания при выпасе скота и проходе сельскохозяйственной техники. Лучший эффект при подсеве бобовых трав в дернину можно получить на относительно молодых (3–5 лет) сеяных сенокосах и пастбищах с дерново-подзолистыми и дерновыми почвами, мало засоренными щучкой дернистой, пыреем ползучим, осотом и другими сорными травами. Самым надежным является подсев в ранневесенние сроки – конец апреля-начало мая. Возможно также проведение поверхностного улучшения летом, после дождей при достаточной влажности пахотного горизонта, однако посев травосмесей должен быть осуществлен не позднее конца июля.

Система применения удобрений при поверхностном улучшении мало отличается от перезалужения по полной схеме. Наиболее эффективным приемом уменьшения поступления радионуклидов в луговую растительность является перезалужение кормовых угодий по полной схеме, которое предусматривает внесение известковых, органических и минеральных удобрений и позволяет в среднем до 5 раз снизить размеры перехода в травы ^{137}Cs и до 3 раз – ^{90}Sr . Полная схема применяется при высоком уровне загрязнения радионуклидами (^{137}Cs – более 15 Ки/км² (> 555 кБк/м²); ^{90}Sr – более 0,50 Ки/км² ($> 18,5$ кБк/м²) почв суходольных и низинных лугов (Фирсакова С. К., 1992, Подоляк А. Г., 2002).

Повторное залужение включает в себя комплекс агротехнических и агрохимических мероприятий по окультуриванию почв, а также создание сеяного злакового травостоя. Правильный выбор обработки почвы позволяет существенно снизить переход радионуклидов. Ос-

новной вид обработки почвы, который применяется при перезалужении – вспашка. Однако на тех угодьях, где мощность гумусово-аккумулятивного горизонта не превышает 15–20 см (суходольный луг) и не планируется внесение известковых и органических удобрений, проводится улучшение путем многократного (в 2–3 следа) дискования.

Перед вспашкой, с целью разделки дернины, а также заделки органических удобрений проводится дискование тяжелыми дисковыми боронами БДТ-7, или БДТ-10 в 2–3 следа на глубину 10–12 см в перекрестном направлении. Почва вспахивается на глубину 20–25 см при помощи плугов с полувинтовыми отвалами. После вспашки вносится доломитовая мука, которую заделывают тяжелыми дисковыми боронами вдоль вспашки в 1–2 следа с целью разделки пласта. Под предпосевную культивацию вносят 0,9–1,8 ц/га аммиачной селитры, 1,2–1,5 ц/га двойного суперфосфата и 1,0–1,5 ц/га калия хлористого. Заделка минеральных удобрений, выравнивание и прикатывание выполняются комбинированными агрегатами типа РВК-3,6, РВК-5,6. Выравнивание поверхности необходимо для ликвидации мелких понижений, бугров и западин, которые способствуют неравномерному посеву, а также ухудшают условия механизированной уборки трав. Перед посевом трав семена готовятся, как правило, в виде травосмеси из 3–4 видов злаковых и бобовых трав и заделываются в почву зернотравяной сеялкой СЗТ-3,6 или агрегатом для залужения сенокосно-пастбищных угодий АПР-2,6. Послепосевное прикатывание является обязательным элементом, поскольку оно способствует созданию лучших условий для равномерной заделки семян и их прорастания.

Как показывают результаты исследований, повторное залужение лугов позволяет получать корма с содержанием радионуклидов, не превышающим существующие нормативы в течение 5 и более лет при соблюдении технологии использования. В последующие годы вследствие деградации и изреживания культурного травостоя, а также уменьшения эффективности применяемых защитных мероприятий при улучшении (известкование, внесение органических удобрений) может наблюдаться увеличение накопления радионуклидов в культурном травостое. В такой ситуации необходимо проводить еще одно перезалужение.

Кормовые угодья на суходольных и низинных лугах после их улучшения (перезалужения) используются в первые два года эксплуатации исключительно как сенокосные угодья, а начиная с третьего года – как пастбище, или продолжают использование в качестве сено-

коса. Это необходимо для формирования прочной дернины, поскольку при выпасе в первый год после улучшения происходит вытаптывание и повреждение дернины скотом, выпадение культурных видов трав, что ведет к резкому снижению урожайности кормовых угодий и повышению накопления ^{137}Cs и ^{90}Sr .

Сбор и качество получаемых кормов, в том числе и содержание в них радионуклидов, во многом зависят от типа травостоя, количества и сроков скашивания (укосов) или циклов стравливания травостоя, а также системы применения минеральных удобрений (азотных, фосфорных и калийных).

Согласно интенсивным технологиям ведения лугового кормопроизводства в хозяйствах нашей республики наиболее эффективно 2-укосное использование сенокосов, а при использовании злаковых и бобовых трав интенсивного типа – 3-укосное, и 4–5-кратное стравливание пастбищ в год.

Максимальный сбор кормовых единиц и переваримого протеина с каждого гектара сенокосов получают лишь при проведении скашивания в оптимальные фазы вегетации бобовых и злаковых трав. Задержка сроков скашивания приводит к резкому снижению питательной ценности получаемых кормов (до 5 % снижается содержание в сене переваримого протеина и до 35–40 % увеличивается содержание сырой клетчатки). При уборке травосмесей в более ранние сроки в получаемых травяных кормах больше содержится переваримого протеина, однако отмечается и более высокое накопление ^{137}Cs и ^{90}Sr .

Одно из основных условий рационального использования сенокосов на загрязненных радионуклидами землях – составление и соблюдение в процессе эксплуатации сенокосооборотов, чередование сроков скашивания травостоя различных участков сенокоса по годам эксплуатации, поскольку скашивание трав в течение нескольких лет в одной и той же фазе развития приводит к ослаблению корневой системы, снижению или прекращению обсеменения ценных видов трав. При этом снижается количество запасных питательных веществ, что уменьшает способность трав к побегообразованию и, как следствие, к снижению его продуктивности.

При введении сенокосооборота чередование участков сенокоса устанавливается таким образом, чтобы каждый из них скашивался во время плодоношения один раз в 5 лет. Можно вводить несколько сенокосооборотов на одном сенокосе, разбивая однородные массивы на 4–5 участков, меняя их очередность скашивания по годам (таблица 6.8).

Скашивание начинают на первом участке в период колошения или бутонизации бобовых растений, затем переходят на второй уча-

сток для скашивания растений в начале цветения и т. д. до последнего участка, на котором скашивают травы после их обсеменения. На второй год скашивание начинают со второго участка. При двуукосном использовании в сенокосооборотах обычно на одних участках предусматривается использование отавы на второй укос, а на участках, где скашивание проводилось после обсеменения трав, отаву отводят под выпас скота.

Таблица 6.8 – Схема пятилетнего сенокосооборота

Год использования	Номер сенокоса (участка)				
	1	2	3	4	5
2003	НК	К	НЦ	ПЦ	П
2004	К	НЦ	ПЦ	П	НК
2005	НЦ	ПЦ	П	НК	К
2006	ПЦ	П	НК	К	НЦ
2007	П	НК	К	НЦ	ПЦ

Примечание: НК – начало колошения; К – колошение; НЦ – начало цветения; ПЦ – полное цветение; П – плодоношение.

Для получения высококачественных кормов (сено, сенаж, травяная мука) производят скашивание трав в оптимальные фазы вегетации. Так, бобовые травы убирают в фазу начала цветения, злаковые – в фазу колошения, бобово-злаковые травосмеси – по мере созревания преобладающего вида травосмеси. Оптимальные фазы уборки трав для получения различных видов травяных кормов приведены в таблице 6.9.

Таблица 6.9 – Оптимальные фазы уборки трав и травосмесей для получения различных видов кормов на суходольных и низинных лугах

Тип травосмеси	Фаза вегетации	Вид корма
Бутонизация, выход в трубку	Травяная мука	
Бутонизация, начало колошения	Сенаж	
Начало цветения бобовой компоненты	Сено	
Конец колошения – начало цветения	Сено	

В комплексе мероприятий по поддержанию продуктивности травостоев и снижению накопления в них радионуклидов на сенокосах решающая роль отводится системе применения удобрений. Большую часть минеральных удобрений на улучшенных сенокосах вносят

в подкормку поверхностно. В первые годы использования кормовых угодий минеральные удобрения наиболее эффективны при внесении под каждый укос (2 укоса в год). Половина расчетной дозы азотных и калийных удобрений и полную дозу фосфорных удобрений рекомендуется вносить весной поверхностно вразброс, вторая половина азотных и калийных удобрений вносится после проведения укоса трав. Максимальная разовая доза азотных удобрений не должна превышать 30 кг/га д.в. под бобово-злаковые травосмеси и 60–90 кг/га д.в. под злаковые, поскольку при более высоких дозах наблюдается резкое увеличение размеров перехода радионуклидов в травостой, а также увеличение накопления нитратов в получаемой продукции.

Рекомендуемые дозы минеральных удобрений (кг/г д. в.) для ежегодного внесения на сенокосах, загрязненных радионуклидами, представлены в таблице 6.10.

Таблица 6.10 – Рекомендуемые дозы минеральных удобрений (кг/га д.в.) для ежегодного внесения на сенокосах, загрязненных радионуклидами (урожайность 30 ц к.е.)

Тип почвы	Травостой	Минеральные удобрения, кг/га д.в.					
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
		¹³⁷ Cs-<555 кБк/м ² (<15Ки/км ²) ⁹⁰ Sr-<18,5 кБк/м ² (<0,50Ки/км ²)			¹³⁷ Cs->555 кБк/м ² (>15Ки/км ²) ⁹⁰ Sr->18,5 кБк/м ² (>0,50Ки/км ²)		
Суходольный луг							
Дерново-подзолистые	Естественный злаково-разнотравный	60–90	20–30	60–90	60–90	30–40	90–120
	Сеяный злаковый	60–120	20–40	90–120	60–90	40–50	90–120
	Сеяный бобово-злаковый	45–60	45–60	60–90	–	–	–
Низинный луг							
дерновые	Естественный злаково-разнотравный	60–90	30–40	60–90	60–90	40–50	90–120
	Сеяный злаковый	60–120	30–45	90–120	60–90	50–60	90–120
	Сеяный бобово-злаковый	20–30	45–60	60–90	–	–	–

Характерными особенностями пастбищных травостоев являются продолжительность периода их вегетации и многократное стравливание животными в ранних фазах развития. В связи с этим потребность в питательных веществах для травостоев пастбищных угодий более высокая по сравнению с сенокосным типом использования. Неправильное, одностороннее из года в год в одни и те же сроки стравливание пастбищных угодий – одна из причин ухудшения ботанического состава травостоя и снижения его продуктивности. Чтобы не допустить выпадения наиболее ценных в кормовом отношении трав на улучшенных пастбищах, необходимо применение определенной системы их использования – пастбищеоборота. При составлении схемы пастбищеоборотов предусматривают следующие мероприятия:

1) ежегодную смену порядка очередности использования загонов под выпас скота;

2) периодическое использование части загонов (от 2 до 4) под сенокосения на зеленую массу отводят те загоны, на которых в предыдущем году начинали пастьбу весной;

3) периодическое позднее скашивание отдельных загонов после обсеменения ценных кормовых трав;

4) на отдельных загонах предоставление полного «отдыха» – проведение подсева трав в дернину (таблица 6.11).

Таблица 6.11 – Схема десятилетнего пастбищеоборота

Год использования	№ загона									
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
1	С	У	2	3	4	С	У	1	5	6
2	6	С	У	2	3	4	С	У	1	5
3	5	6	С	У	2	3	4	С	У	1
4	1	5	6	С	У	2	3	4	С	У
5	У	1	5	6	С	У	2	3	4	С
6	С	У	1	5	6	С	У	2	3	4
7	4	С	У	1	5	6	С	У	2	3
8	3	4	С	У	1	5	6	С	У	2
9	2	3	4	С	У	1	5	6	С	У
10	У	2	3	4	С	У	1	5	6	С

Примечание. – 1–6 – очередность использования загонов с весны; С – скашивание; У – улучшение.

Таким образом, в течение 10 лет каждый загон используется 6 лет под выпас, 2 года в качестве сенокоса (со стравливанием 2-го укоса) и 2 года под ускоренное залужение.

Удобрение пастбищ – не только важнейший фактор повышения продуктивности, но и активный регулятор структуры ботанического состава травостоя, снижения засоренности, улучшения качественных и зоотехнических показателей пастбищного корма. Внесение азотных удобрений, как правило, способствует увеличению доли злаковых трав в травостое, а фосфорных и калийных – доли бобовых в травостое на суходольных и низинных лугах. При систематическом внесении удобрений в научно обоснованных количествах и соотношениях (таблица 6.12) в зеленой массе трав возрастает содержание сырого протеина и незаменимых аминокислот, достигается равномерное распределение зеленой массы по отдельным циклам пастбищного периода и уменьшается величина накопления ^{137}Cs и ^{90}Sr в зеленой массе.

Система применения удобрений при пастбищном типе использования предусматривает внесение 30–40 кг д. в. азотных удобрений (0,8–1,2 ц/га аммиачной селитры), 30–60 кг д.в. калийных удобрений (0,5–1 ц/га хлористого калия) и 30–60 кг д.в. фосфорных удобрений (0,7–1,4 ц/га двойного суперфосфата или 0,5–1,2 ц/га аммофоса) весной поверхностно в разброс. После каждых двух и трех стравливаний рекомендуется вносить 30–40 кг д. в. азотных удобрений (0,8–1,2 ц/га аммиачной селитры) и 30–60 кг д. в. калийных удобрений (0,5 1 ц/га хлористого калия).

Таблица 6.12 – Рекомендуемые дозы минеральных удобрений (кг/га д.в.) для ежегодного внесения на пастбищах, загрязненных радионуклидами (урожайность 45 ц к.е.)

Тип почвы	Травостой	Минеральные удобрения, кг/га д.в.					
		$^{137}\text{Cs} < 555 \text{ кБк/м}^2$ ($< 15 \text{ Ки/км}^2$)			$^{137}\text{Cs} > 555 \text{ кБк/м}^2$ ($> 15 \text{ Ки/км}^2$)		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
		$^{90}\text{Sr} < 18,5$ кБк/м ² ($< 0,50 \text{ Ки/км}^2$)			$^{90}\text{Sr} > 18,5$ кБк/м ² ($> 0,50 \text{ Ки/км}^2$)		
Суходольный луг							
Дерново-подзолистые	Естественный злаково-разнотравный	90–120	30–40	60–90	90–120	40–50	90–120
	Сеяный злаковый	120–150	40–50	90–120	90–120	50–60	120–150
	сеяный бобово-злаковый	30–60	40–60	60–90	–	–	–
Низинный луг							
Дерновые	Естественный злаково-разнотравный	90–120	30–45	60–90	90–120	40–55	90–120

	Сеяный злаковый	120–150	50–60	120–150	60–90	50–60	90–120
	Сеяный бобово-злаковый	20–30	50–60	90–120	–	–	–

При пастбищном использовании суходольных и низинных лугов максимальная разовая доза азотных удобрений не должна превышать 40 кг/га д.в., а калийных – не более 60 кг/га д.в. удобрений после каждого стравливания во избежание избыточного накопления радионуклидов, нитратов и калия в урожае зеленой массы.

На сенокосно-пастбищных угодьях можно использовать любые твердые минеральные удобрения, но аммиачной селитре необходимо отдавать предпочтение из-за меньшей потери азота. На бобово-злаковых пастбищах эффективность азотных удобрений значительно ниже, чем на злаковых, поскольку каждый килограмм внесенного азота обеспечивает дополнительно получение 10–15 к.е., а на злаковых – 20–30 к.е. Выбор того или иного способа улучшения луговых угодий определяется минимальными экономическими затратами и основывается на эффективности уменьшения потоков радионуклидов, поступающих к человеку и образующих дозу внутреннего облучения.

Анализ и обобщение экспериментальных данных, полученных в многолетних стационарных опытах, показал, что коренное улучшение сенокосно-пастбищных угодий на минеральных почвах (внесение оптимальных доз органических, минеральных и известковых удобрений и подбор бобово-злаковых травосмесей) позволяет снизить поступление ^{137}Cs в корма (сено) в пределах 1,3–4,4 раза в зависимости от качества выполненных работ. Поверхностное улучшение кормовых угодий, предусматривающее внесение известковых и минеральных удобрений и подсев бобово-злаковых травосмесей в дернину сеялкой МД-3,6 обеспечивает снижение этого радионуклида в корма от 1,0 до 3,5 раз (таблица 6.13).

Таблица 6.13 – Радиоэкологическая оценка эффективности приемов улучшения суходольных и низинных лугов, загрязненных ^{137}Cs и ^{90}Sr

Тип контрмер	Кратность снижения, раз ^{137}Cs	
	Коренное улучшение	Поверхностное улучшение
Мероприятия по улучшению, включающие:		
минеральные удобрения	1,2–3,2	1,1–2,8
органические удобрения	1,1–2,6	–
известковые удобрения	1,1–2,4	1,1–1,9

посев бобово-злаковых травосмесей	–	1,5–2,5
-----------------------------------	---	---------

Расчет показателей экономико-радиологической эффективности улучшения кормовых угодий, имеющих плотность радиоактивного загрязнения почвы ^{137}Cs 10 Ки/км² (370 кБк/м²), на основе результатов спектрометрического и качественного анализов кормов, полученных в конкретных стационарных экспериментах, показал, что при общей стоимости затрат на их улучшение и эксплуатацию каждого гектара кормовых угодий в течение 4 лет 604 ЕВРО величина предотвращенной дозы от применения защитных мероприятий составляет около 0,25–0,50 чел.-Зв, а стоимость предотвращенной дозы – 5000–10000 ЕВРО/ чел.-Зв

Применение защитных мероприятий на лугах считается целесообразным и экономически оправданным, если стоимость предотвращенной коллективной дозы на 1 чел.-Зв в результате их применения находится в пределах 10000-20000 ЕВРО.

6.2. Использование загрязненных радионуклидами пойменных земель

В результате аварии на Чернобыльской АЭС также произошло радиоактивное загрязнение естественных лугов, до этого интенсивно использовавшихся для выпаса скота и заготовки кормов. Следует подчеркнуть, что в структуре кормовых угодий республики пойменные луга занимают около 12,1 % от общей площади сенокосов и пастбищ. Развитое животноводство предполагает максимальную мобилизацию сенокосно-пастбищных угодий, расположенных на пойменных землях, как источник получения дешевых кормов. В некоторых областях, например, Гомельской, за счет этих угодий можно восполнять до 55 % потребности в зеленой массе и 30 % в грубых кормах.

Пойменные земли – это, как правило, часть речной долины, периодически заливаемая полыми водами. На территории Республики Беларусь наиболее обширные пойменные земли расположены в долинах Днепра, Припяти, Сожа, Березины, Немана и их притоков. Площадь пойменных почв в республике составляет 1069,4 тыс. га, или 8,4 % от всех земель сельскохозяйственного использования. Широкое распространение эти почвы получили в Гомельской, Брестской и Могилевской областях, где занимают, соответственно, 13,1; 12,6; и 9,0 % от общей площади землепользования. В Гомельской области основ-

ные массивы пойменных земель сосредоточены в поймах рек Припять, Вить, Днепр, Сож, Беседь и Ипуть.

Почвообразование в поймах рек протекает под влиянием двух процессов: поемного и аллювиального. Поемный процесс – затопление речной долины полыми водами. Поемность изменяет уровень грунтовых вод и солевой режим, влияет на интенсивность микробиологических процессов, протекающих в почве. Аллювиальный процесс – это принос паводковыми водами взмученного материала, размывание поймы и переотложение на ее поверхности взвешенных в воде частиц в виде наилка или аллювия.

В зависимости от удаления от русла реки пойма делится на три части: прирусловую, центральную и притеррасную. Для каждой из этих частей характерен набор тех или иных типов почв. В прирусловой части поймы, как правило, распространены слаборазвитые или неразвитые слоистые дерновые почвы, слабодифференцированные на генетические горизонты.

Почвенный покров центральной поймы представлен главным образом дерновыми и аллювиальными дерновыми заболоченными почвами различного механического состава, формирующимися на слоистом или зернистом аллювии. Притеррасная пойма наиболее удалена от русла реки и на ней формируются в основном торфяно-болотные почвы различной мощности и генезиса.

Каждый тип пойменных почв имеет свою характеристику.

а) Дерновые песчаные почвы на водно-ледниковых отложениях. Данный тип имеет непостоянный гранулометрический состав, очень кислую реакцию почвенной среды ($\text{pH} < 4,0$), низкую емкость поглощения (4,8–5,0 мг-экв. на 100 г почвы), низкую степень насыщенности основаниями (60–63 %). По содержанию органического вещества (0,5–1,2 %) и обеспеченности питательными элементами K_2O и P_2O_5 (<5 мг/100г почвы) эти почвы очень бедны и малопродуктивны. В связи с природоохранными мероприятиями распашка данных почв на расстоянии 100–200 м от русла реки не производится.

б) Аллювиальные дерновые глееватые и глеевые почвы. У этих почв в морфологическом профиле ясно выражен мощный гумусово-аккумулятивный горизонт А (0–22, 0–25 см). Почвообразующими породами этих почв являются крупнопылеватые лессовидные супеси и суглинки, местами легкие глины. Мощность их колеблется от 0,7 до 1,5 м. Ниже залегают пески, обычно карбонатные. По агрохимическим показателям данный тип резко отличается от дерновых песчаных почв прирусловой части поймы и характеризуется высоким содержанием гумуса (3–5 %). Как правило, гуматный тип гумуса преоб-

ладает над фульватным. Кислотность колеблется от слабокислой до щелочной и рН составляет в среднем 5,5–6,5. Емкость поглощения – 18,3–20,5 мг-экв на 100г почвы. Содержание обменных K_2O и P_2O_5 находится на уровне 10–18 мг/100г почвы. Почвы характеризуются высокой степенью насыщенности основаниями – 90–94,8 %. Среди поглощенных оснований обменного Са около 14,5 мг-экв на 100 г почвы. Приведенные данные свидетельствуют о высоком потенциальном плодородии почв этого типа, коренное улучшение которых наиболее предпочтительно по сравнению с другими типами пойменных почв.

в) *Торфяно-болотные почвы.* Они представлены широкой гаммой разновидностей, различающихся по генезису и мощности торфа, его ботаническому составу, степени разложения и зольности. Общее количество гумусовых веществ в торфяно-болотных почвах пойменных земель колеблется в широких пределах: от 10,9 до 56,4 %. В структуре гумусовых веществ преобладают гуминовые кислоты, на долю которых приходится в среднем 27 %, на долю фульвокислот – в среднем 8–8,5 %. Среднее отношение $C_{гк} : C_{фк} = 3,0–3,4$. Средняя зольность торфа с учетом всех типов торфяников для территории Белорусского Полесья колеблется в пределах 12–22 %. Для низинных торфяно-болотных почв она составляет в среднем 8–18 % и верховых – 4–5 %. В низинных торфяно-болотных почвах величина рН колеблется от 4,8 до 6,4. Для этих почв характерны высокая емкость поглощения (83–176 мг-экв на 100 г почвы) и насыщенность почвенно-поглощающего комплекса основаниями, главным образом Са и Mg. Основной недостаток почв данного типа – низкое содержание обменных K_2O и P_2O_5 (<30 мг/100г почвы). Проведение улучшения таких почв практически невозможно в связи с заболоченностью притеррасной части пойменных земель.

В Беларуси после чернобыльских выбросов общая площадь загрязненных угодий, расположенных на аллювиальных почвах и имеющих плотность загрязнения ^{137}Cs более 1 Ки/км², составила около 245 тыс. га. Основные площади высокопродуктивных пойменных лугов сосредоточены в Гомельской, Могилевской и Брестской областях, территория которых в наибольшей степени загрязнена радионуклидами. Радиологическое обследование, проведенное сотрудниками института радиологии в 1989–1990 гг. в шести районах Гомельской области, выявило наличие 31800 га пойменных угодий с различной плотностью радиоактивного загрязнения ^{137}Cs . Основные массивы загрязненных земель сосредоточены в поймах рек Припять, Вить, Сож, Беседь, Ипуть.

Все обследованные луга по содержанию ^{137}Cs в зеленой массе были разделены на три группы:

I группа (содержание ^{137}Cs в зеленой массе до 370 Бк/кг) – корма пригодны для использования без ограничений;

II группа (содержание ^{137}Cs в зеленой массе от 370 Бк/кг до 1480 Бк/кг) – корма пригодны для первых стадий откорма КРС;

III группа (содержание ^{137}Cs в зеленой массе более 1480 Бк/кг) – корма непригодны для сельскохозяйственного использования.

При этом было установлено, что при плотности радиоактивного загрязнения более 5 Ки/км² пойменные луга являются источником получения «грязных» кормов, а следовательно, и получение животноводческой продукции, не отвечающей существующим нормативам, и пригодных кормов без применения комплекса агротехнических и агроулучшающих мероприятий невозможно. Характеристика радиационной ситуации на пойменных угодьях Гомельской области представлена в таблице 6.14.

Таблица 6.14 – Распределение пойменных лугов Гомельской области по степени загрязнения почвы ^{137}Cs и пригодности травостоя к использованию

Район	Плотность загрязнения, Ки/км ²	Всего, га	Пригодность травостоя для производственного использования					
			Без ограничений		Откорм КРС на мясо на I-II этапе		Непригодно без применения концентратов	
			га	%	га	%	га	%
Ветковский	5–90	14200	2400	17	3300	23	8500	60
Добрушский	4–40	1600	500	31	800	50	300	19
Чечерский	15–70	6700	1100	17	2900	43	2700	40
Кормянский	8–60	6600	4500	68	2100	32	—	—
Мозырский	5–50	1400	240	17	190	14	970	69
Хойникский	22–90	1300	—	—	100	8	1200	92
По области:	5–90	31800	8740	27,5	9390	29,5	13670	43,0

Как известно, основная масса радионуклидов после аварийного выброса осела на почвенно-растительном покрове, и дальнейшая их миграция в звене почва – растение во многом зависела от типа почв, их механического состава, водно-физических и агрохимических свойств. Со временем основными дозообразующими радионуклидами остались ^{137}Cs и ^{90}Sr , поступление которых в травостой пойменных лугов во многом зависит от характера их распределения по почвенному профилю. На

естественных целинных лугах радионуклиды сосредоточились, в основном, в слое почвы 0–5 см. На лугах, где после аварии проводилось коренное улучшение, они достаточно равномерно распределились на глубину проводимой обработки почвы. Равномерное распределение радионуклидов, как правило, снизило переход радионуклидов в растения, в том числе и в луговые травы.

Величина перехода радионуклидов в травостой луговых растений зависит от химико-физических свойств почвы. Основные физико-химические свойства почв, влияющие на подвижность и доступность как ^{137}Cs , так и ^{90}Sr , можно расположить по возрастающей значимости в такой последовательности: влажность, содержание обменных К, Са, Mg, емкость катионного обмена, содержание органического вещества, рН. При этом величина рН является ведущим почвенным фактором, определяющим подвижность и доступность радионуклидов. Существенная роль в поглощении радионуклидов принадлежит также соотношению жидкой и твердой фаз почвенного раствора.

Показано, что концентрация ^{90}Sr в луговых растениях с увеличением рН и обменного кальция в аллювиальной почве уменьшается. Возрастание доли илистой фракции в гумусово-аккумулятивном горизонте снижает концентрацию как ^{137}Cs , так и ^{90}Sr . У большинства луговых растений коэффициенты накопления радионуклидов колеблются от 0,03 до 79,9 в зависимости от физико-химических свойств почв. Видовые различия, в зависимости от этих свойств, для многолетних злаковых трав составляют 10 и более раз.

Накопление (вынос) радионуклидов луговыми растениями во многом зависит не только от свойств почвы, но и биологических особенностей растений. Многолетние травы естественных сенокосно-пастбищных угодий отличаются наибольшей способностью аккумулялировать ^{137}Cs и ^{90}Sr . Так, осоково-разнотравные и особенно осоковые фитоценозы, приуроченные к постоянным переувлажненным аллювиальным и торфяно-болотным типам почв, накапливают ^{137}Cs в 5–100 раз больше, чем злаковые фитоценозы. По степени уменьшения поступления ^{90}Sr они располагаются в следующем порядке: разнотравье, осоки, злаковые. Различия в накоплении ^{90}Sr различными ботаническими группами луговых растений также существенны.

Установлены межвидовые различия луговых трав в накоплении радионуклидов могут достигать 20–30 раз. Особенно высокий переход радионуклидов наблюдается в растения семейства бобовых. Например, переход ^{90}Sr в бобовые в 2–6 раз интенсивнее, чем в злаковые травы.

По степени уменьшения накопления радионуклидов основные виды злаковых трав располагаются в следующий ряд: щучка дернистая, белоус торчащий, мятлик болотный, булавоносец седой, овсяница овечья, лисохвост луговой, тимофеевка луговая, овсяница луговая, полевица белая, вейник тростниковидный, двукисточник тростниковый, мятлик луговой, костер безостый, ежа сборная (таблица 6.15).

На величину накопления радионуклидов луговыми растениями влияет состояние их корневой системы: плотнокустовые злаки накапливают больше радионуклидов, чем корневищные.

Таблица 6.15 – Коэффициенты перехода ^{137}Cs и ^{90}Sr в отдельные виды луговых трав (сено) пойменных лугов (в среднем за 1998-2000 гг.), Бк/кг:кБк/м²

Вид		^{137}Cs	^{90}Sr
Злаковые (Poaceae)			
Щучка дернистая	<i>Deschampsia caespitosa L.</i>	7,5±2,5	20,2±5,8
Белоус торчащий	<i>Nardus stricta L.</i>	6,2±3,1	10,4±3,5
Мятлик болотный	<i>Poa polystris L.</i>	6,1±2,7	18,0±5,2
Булавоносец седой	<i>Corynephorus canescens L.</i>	5,2±2,8	6,1±2,5
Овсяница овечья	<i>Festuca ovina L.</i>	4,9±1,8	10,4±2,2
Лисохвост луговой	<i>Alopecurus pratensis L.</i>	4,5±1,3	10,3±3,8
Тимофеевка луговая	<i>Phleum pratense L.</i>	3,0±1,5	13,2±1,6
Овсяница луговая	<i>Festuca pratense L.</i>	2,7±1,2	5,9±1,7
Полевица белая	<i>Agrostis alba L.</i>	1,7±0,3	8,5±2,8
Вейник тростниковидный	<i>Galamagrostis arundinacea L.</i>	1,5±0,6	4,2±0,6
Двукисточник тростниковый	<i>Phalaris arundinacea L.</i>	1,2±0,5	2,0±0,5
Мятлик луговой	<i>Poa pratense L.</i>	0,7±0,4	2,6±0,4
Костер безостый	<i>Bromus inermis L.</i>	0,4±0,2	4,0±2,1
Ежа сборная	<i>Dactylis glomerata L.</i>	0,3±0,2	1,6±1,0
Бобовые (Fabaceae)			
Клевер луговой	<i>Trifolium pratense L.</i>	15,5±5,2	58,4±4,2
Мышиный горошек	<i>Vicia cracca L.</i>	12,8±4,6	31,8±5,5
Ляденец рогатый	<i>Lotus corniculatus L.</i>	6,0±0,8	79,8±8,3
Дрок красильный	<i>Genista tinctoria L.</i>	4,0±1,8	25,3 ±6,1
Клевер белый (ползучий)	<i>Trifolium repens L.</i>	2,1±2,8	29,4±6,2
Клевер гибридный	<i>Trifolium hybridum L.</i>	1,6±1,2	41,1±9,5
Осоковые (Cyperaceae)			
Осока лисья	<i>Carex vulpina L.</i>	20,5±12,2	23,3±5,2
Осока острая	<i>Carex acuta L.</i>	18,4±9,5	21,8±3,5
Аир обыкновенный	<i>Aer calamus L.</i>	7,8±10,4	18,1±5,6
Разнотравье (Rumexaceae; Lythraceae, и др.)			
Щавель конский	<i>Rumex confertus L.</i>	43,5±10,8	61,8±1,5

Щавелёк малый	<i>Rumex acetosa L.</i>	38,2±9,8	54,4±5,3
Черёда трехраздельная	<i>Bidens tripartita L.</i>	27,7±4,8	20,2±4,3
Лапчатка гусиная	<i>Potentilla anserina L.</i>	26,8±5,9	13,5±5,1
Подмаренник настоящий	<i>Galium verum L.</i>	25,9±4,5	48,9±4,3
Продолжение таблицы 6.15			
Вероника длиннолистная	<i>Veronica longifolia L.</i>	21,2±3,3	51,2±6,3
Горец почечуйный	<i>Polygonum persicaria L.</i>	17,6±6,3	13,4±3,2
Смолка обыкновенная	<i>Viscaria viscosa L.</i>	10,0±3,2	15,8±3,5
Тысячелистник обыкновенный	<i>Achilla millefolium L.</i>	9,7±2,9	97,6±10,5
Подмаренник северный	<i>Galium boreale L.</i>	9,2±3,0	33,2±10,2
Дербенник иволистный	<i>Lythrum salicaria L.</i>	4,4±2,6	24,3±8,8
Пижма обыкновенная	<i>Chrysanthemum taractum L.</i>	2,7±1,0	6,7±2,3

Результаты многолетних исследований позволили сделать вывод о том, что необходимо строго увязывать прогноз радиологической ситуации на пойменных загрязненных землях с эколого-фитоценологическими исследованиями в естественных луговых сообществах.

Трансформация видового состава в структуре луговых фитоценозов может привести к доминированию таких разнотравно-осоковых ассоциаций, которые могут усиленно накапливать долгоживущие радионуклиды. Поэтому для оценки объемов и прогноза качества кормов, получаемых с пойменных угодий, в каждом хозяйстве, где имеются такие угодья, наряду с радиологическим обследованием и паспортизацией, необходимо учитывать степень загрязнения и структуру растительных фитоценозов.

В Беларуси луга и пастбища имеют высокую значимость в создании кормовой базы. Лугопастбищные растения явились одним из основных источников поступления радионуклидов в организм животных и далее через их продукцию (молоко, мясо) в организм человека.

Миграция ^{137}Cs и ^{90}Sr из кормов в продукты животноводства связана с режимом кормления, составом кормов, возрастом животных и их физиологическим состоянием. Установлено, что переход ^{137}Cs в молоко коров колеблется от 0,4 до 1,2 % на литр продукта в зависимости от его содержания в рационе. При этом следует отметить, что ^{137}Cs поступает в мясо в 45–70 раз, в молоко в 10 раз интенсивнее, чем ^{90}Sr . Поэтому с целью оценки радиационной обстановки на сенокосно-пастбищных угодьях, расположенных на пойменных периодически затопляемых землях, проводится один раз в 5 лет их радиологическое обследование.

Как правило, радиологическое обследование совмещается с одновременным агрохимическим обследованием согласно «Методике круп-

номасштабного агрохимического и радиологического обследования почв сельскохозяйственных угодий республики Беларусь» (1992 г.), а также «Дополнениям к методике крупномасштабного агрохимического и радиологического исследования почв сельскохозяйственных угодий Республики Беларусь» (1995 г.). Результатом радиологического и агрохимического обследований являются картограммы угодий, в которых указывается плотность загрязнения ^{137}Cs и ^{90}Sr согласно градации (таблица 6.16) и интервалы основных агрохимических показателей почв (таблица 6.17) (Богдевич И. М. и др., 1992).

Таблица 6.16 – Градации сельскохозяйственных угодий Республики Беларусь по степени загрязнения радионуклидами

Степень загрязнения	^{137}Cs		^{90}Sr	
	Плотность загрязнения, Ки/км ²	Обозначение на картограммах (окраска)	Плотность загрязнения, Ки/км ²	Вид штриховки
1	<1,0	не окрашивается	<0,15	не штрихуется
2	1,0–4,9	Голубой	0,15–0,30	
3	5,0–9,90	Синий	0,31–0,50	/////
4	10,0–14,9	Зеленый	0,51–1,00	\\\\\\\\
5	15,0–29,9	Желтый	1,01–2,00	X X X X X
6	30,0–39,9	Оранжевый	2,01–2,99	+++++++
7	40 и >	Красный	3 и >	+\\+\\+\\+\\

При этом обязательным условием радиологического обследования должна быть оценка уровня радиоактивного загрязнения травостоя.

Таблица 6.17 – Интервалы оптимальных параметров агрохимических свойств почв для пойменных типов лугов

Тип почвы	Основные агрохимические параметры почв					
	pH _(kcl)	Гумус, %	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
			мг/кг почвы			
Дерновые, аллювиальные дерновые заболоченные	5,8–6,2	3,5–4,0	120–200	150–200	1200–1600	90–120
Горфяно-болотные	5,0–5,5	–	700–1000	600–800	3600–4800	500–900

В зависимости от содержания радионуклидов в травах устанавливается возможность использования этих земель для производства кормов согласно следующих критериев:

– содержание в зеленой массе травостоя ^{137}Cs до 165 Бк/кг, ^{90}Sr до 37 Бк/кг – (сено: ^{137}Cs до 1300 Бк/кг, ^{90}Sr до 260 Бк/кг) – корма пригодны для использования без ограничений;

– содержание в зеленой массе травостоя ^{137}Cs до 600 Бк/кг, ^{90}Sr до 185 Бк/кг (сено: ^{137}Cs до 1850 Бк/кг, ^{90}Sr до 1300 Бк/кг) корма пригодны для получения молока с обязательной его переработкой в другие молочные продукты (сметана, масло);

– содержание в зеленой массе травостоя ^{137}Cs не более 240 Бк/га, (сено: ^{137}Cs до 1300 Бк/кг) – корма пригодны для откорма КРС на заключительной стадии;

– содержание в зеленой массе травостоя ^{137}Cs более 600 Бк/кг, ^{90}Sr более 185 Бк/кг (сено: ^{137}Cs более 1850 Бк/кг, ^{90}Sr более 1300 Бк/кг) корма непригодны для сельскохозяйственного использования без проведения улучшения луга.

На основе полученных результатов радиологического, агрохимического обследования, определения состояния травостоя и содержания в нем радионуклидов разрабатывается программа улучшения конкретного вида угодий.

Одним из основных мероприятий данной программы является проведение поверхностного улучшения пойменных лугов. Система поверхностного улучшения предполагает сохранение естественного растительного покрова и создание лучших условий для его роста и развития.

На загрязненной территории поверхностное улучшение эффективно проводить на кормовых угодьях пойменных земель с низкой плотностью радиоактивного загрязнения (не более 5 Ки/км^2 ^{137}Cs и $0,3 \text{ Ки/км}^2$ ^{90}Sr), в травостое которых имеется не менее 45–50 % ценных кормовых трав (представителей ботанических групп злаковых и бобовых) а содержание радионуклидов в травах незначительно превышает РДУ. Поверхностное улучшение проводят по определенной технологии с применением целого набора орудий и механизмов (таблица 6.18).

Таблица 6.18 – Технологическая схема поверхностного улучшения естественных кормовых угодий, расположенных на пойменных землях

Технологическая операция	Основные условия применения	Количественные и качественные показатели	Орудия и механизмы
Внесение доломитовой муки	Поверхностно	Расчетная доза	Т-150К+РУП-10

Внесение минеральных удобрений	При сенокосном типе использования, весной	N – 1/2 расчетной дозы P – полная расчетная доза K – 1/2 расчетной дозы	T-150K+PUM-8 MT3-100+PUM-5 T-25+HPY-0,5
Продолжение таблицы 6.18			
	После проведения укоса	N – 1/2 расчетной дозы K – 1/2 расчетной дозы	MT3-100+PUM-5 T-25+HPY-0,5
	При пастбищном типе использования, весной	N – 1/3 расчетной дозы P – полная расчетная доза K – 1/3 расчетной дозы	MT3-100+PUM-5 T-25+HPY-0,5
	После первого стравливания	N – 1/3 расчетной дозы K – 1/3 расчетной дозы	MT3-100+PUM-5 T-25+HPY-0,5
	После второго стравливания	N – 1/3 расчетной дозы K – 1/3 расчетной дозы	MT3-100+PUM-5 T-25+HPY-0,5

Данный агротехнический приём позволяет снизить размеры перехода в травостой ^{137}Cs в среднем в 2–3 раза, а ^{90}Sr в 1,5–2 раза.

Для существенного снижения поступления радионуклидов в растения наиболее эффективно применение известкования и регулирование пищевого режима растений (внесение повышенных доз калийных удобрений, умеренных доз азотных и фосфорных удобрений). Известкование проводится, как правило, весной после освобождения пойменных земель от затопляемых вод, поверхностно. Дозу известковых удобрений устанавливают по величине обменной кислотности ($\text{pH}_{(\text{KCL})}$) (таблица 6.19), а также более точно по гидролитической кислотности почвы по формуле (Василук Г.В. и др., 1997, 1998):

$$D = H_{\text{г}} 1,5,$$

где: D – доза CaCO_3 ; $H_{\text{г}}$ – гидролитическая кислотность почвы.

Таблица 6.19 – Рекомендуемые дозы известковых удобрений (т/га CaCO_3) при проведении коренного улучшения пойменных лугов, загрязненных радионуклидами

Степень кислотности почвы, $\text{pH}_{(\text{KCL})}$	Доза известковых удобрений (т/га CaCO_3)	
	Уровень загрязнения угодий	
	1–5 Ки/км ² ^{137}Cs ; <0,3 Ки/км ² ^{90}Sr	5–40 Ки/км ² ^{137}Cs ; 0,3–3,0 Ки/км ² ^{90}Sr
Дерновые, аллювиальные дерновые заболоченные		
<4,25	7,0	11,5
4,26–4,50	6,5	11,0
4,51–4,75	6,0	10,0

4,76–5,00	5,5	9,0
5,01–5,25	5,0	8,0
5,26–5,50	4,5	6,5
5,51–5,75	4,0	5,0
5,76–6,00	3,5	3,5

Для территорий радиоактивного загрязнения дозу известковых удобрений устанавливают не только с учетом величины $pH_{(KCL)}$, но и плотности радиоактивного загрязнения угодий.

Как правило, в условиях Беларуси известкование проводится доломитовой мукой. Расчет дозы доломитовой муки в физическом весе (т/га) производится по следующей формуле:

$$D = H \times 100^3 / M(100 - B) \times (100 - E),$$

где: D – доза доломитовой муки в физическом весе (т/га);

H – расчетная доза $CaCO_3$, т/га;

M – содержание действующего вещества в %, (79,7-110,8%);

B – влажность доломитовой муки, %, (не более 1,5%);

E – содержание частиц в доломитовой муке, крупнее 1 мм, %, (не более 3 %).

Обязательным условием увеличения урожайности, улучшения качества сена и пастбищного корма, а также снижения поступления радионуклидов является внесение минеральных удобрений. При этом дозы минеральных удобрений рассчитываются с учетом обеспеченности почв элементами питания, планируемого урожая травостоя, коэффициентов использования питательных элементов из удобрений и почвы по формуле:

$$D = 100 \times UV - ПК_{П} / K_{У},$$

где: D – доза минеральных удобрений (азотных, фосфорных или калийных), кг/га д.в.;

U – планируемая урожайность, ц/га;

P – содержание питательных элементов в пахотном слое почвы, кг/га;

$K_{П}$ и $K_{У}$ – коэффициенты использования питательных элементов из почвы и удобрений, %.

Система применения удобрений на пойменных лугах при поверхностном улучшении зависит как от почвенных условий, ботанического состава травостоя, так и режима использования луга (сенокосный или пастбищный).

При сенокосном использовании наиболее эффективны минеральные удобрения при внесении под каждый укос (2 укоса в год). Поло-

вину расчетной дозы азотных и калийных удобрений и полную дозу фосфорных удобрений вносят весной, вторая половина азотных и калийных удобрений вносится после первого укоса трав. Во избежание увеличения перехода радионуклидов в травостой, а также накопления нитратов в получаемой продукции, максимальная разовая доза азотных удобрений составляет 80–90 кг/га д.в.,.

При пастбищном типе использования пойменного луга оптимальное количество стравливаний травостоя – 3 раза в год. Система применения удобрений в этом случае предусматривает 1/3 расчетной дозы азотных и калийных удобрений и полную расчетную дозу фосфорных удобрений вносить весной и по 1/3 расчетной дозы азотных и калийных удобрений – после первых двух стравливаний. Во избежание избыточного накопления радионуклидов, нитратов и калия в урожае зеленой массы разовая доза азотных удобрений составляет не более 60 кг/га д.в., а калийных – 90 кг/га д.в. после первых двух стравливаний.

Из всех мероприятий, с радиологической точки зрения, наиболее эффективным приемом уменьшения поступления радионуклидов в луговую растительность является коренное улучшение кормовых угодий. Его проведение позволяет в среднем до 10 раз снизить размеры перехода в травы ^{137}Cs и в 3–4 раза – ^{90}Sr . Если имеются возможности, то его проводят как при низком, так и высоком уровне загрязнения лугов радионуклидами. Правда, имеется наличие природоохранного ограничения. Запрещено применение этого агроприема в прирусловой части поймы.

Агроприём включает в себя комплекс агротехнических и агрохимических мероприятий по окультуриванию почв, а также созданию сеяного травостоя. Правильный выбор обработки почвы при коренном улучшении существенным образом влияет на размеры перехода радионуклидов. Основной вид обработки почвы, который применяется при проведении коренного улучшения, – вспашка. Однако на тех участках пойменных земель, где мощность гумусово-аккумулятивного горизонта не превышает 15–20 см, её заменяют многократным (в 3–4 следа) дискованием.

К основным составным элементам коренного улучшения относится известкование. Наибольший эффект дает послойное внесение доломитовой муки, при котором 1/3 расчетной дозы вносится под дискование перед проведением вспашки, а 2/3 расчетной дозы – под дискование после вспашки. Однако этот прием эффективен, если расчетная доза доломитовой муки превышает более 8т/га. В других случаях рекомендуется всю дозу доломитовой муки вносить под диско-

вание после проведения вспашки. Если вместо вспашки применяется только дискование, полная расчетная доза доломитовой муки вносится перед его проведением. Дозы доломитовой муки, необходимые для проведения коренного улучшения, рассчитываются по такой же методике, как и при проведении поверхностного улучшения пойменных земель.

Для разделки дернины, перед проведением вспашки, а также заделки доломитовой муки проводится дискование тяжелыми дисковыми боронами в 2–3 следа на глубину 10–12 см в перекрестном направлении. Глубина вспашка не превышает 20–25 см.

После вспашки проводится дискование тяжелыми дисковыми боронами вдоль вспашки в 1–2 следа с целью разделки пласта. К обязательным элементам коренного улучшения относится выравнивание поверхности, необходимое для ликвидации мелких понижений, бугров и западин, которые способствуют неравномерному посеву, а также ухудшают условия механизированной уборки трав. После выравнивания поверхности вносится доломитовая мука в полной расчетной дозе или 2/3 расчетной дозы, если 1/3 вносилась перед проведением вспашки.

Обязательным приемом коренного улучшения, обеспечивающим снижение перехода радионуклидов, относится внесение повышенных доз калийных и фосфорных удобрений, а также нормальных доз азотных удобрений. Потребность в минеральных удобрениях при проведении коренного улучшения определяется по тем же методикам, как и при поверхностном улучшении.

Рекомендуемые дозы фосфорных удобрений приведены в таблице 6.20 и калийных удобрений в таблице 6.21. Из расчетной дозы фосфорных удобрений вычитается 50–60 кг, которые вносятся при посеве в рядки (Василюк Г. В. и др., 1998,1999; Лапа и др., 1997).

Таблица 6.20 – Рекомендуемые дозы фосфорных удобрений при проведении коренного улучшения пойменных лугов, подвергшихся радиоактивному загрязнению

Тип почвы	Содержание P ₂ O ₅ , мг/кг почвы	P ₂ O ₅ , кг д.в./га		
		1-5 Ки/км ² ¹³⁷ Cs; <0,15 Ки/км ² ⁹⁰ Sr	5,1-15,0 Ки/км ² ¹³⁷ Cs; 0,15-0,30 Ки/км ² ⁹⁰ Sr	15,1-40,0 Ки/км ² ¹³⁷ Cs; 0,3-3,0 Ки/км ² ⁹⁰ Sr
Дерновые, аллювиальные	<60	50	65	75
	60,1–100	40	50	60

дерновые заболоченные	100,1–150	30	35	40
	150,1–250	20	20	20
	>250	—	—	—

В настоящее время на территории радиоактивного загрязнения широко применяются комбинированные агрегаты, которые не только обеспечивают заделку извести и минеральных удобрений, но также выравнивание и прикатыванием почвы.

Таблица 6.21 – Рекомендуемые дозы калийных удобрений при проведении коренного улучшения пойменных лугов, подвергшихся радиоактивному загрязнению

Тип почвы	Содержание K_2O , мг/кг почвы	K_2O , кг д.в./га		
		1-5 Ки/км ² ¹³⁷ Cs; <0,15 Ки/км ² ⁹⁰ Sr	5,1-15,0 Ки/км ² ¹³⁷ Cs; 0,15-0,30 Ки/км ² ⁹⁰ Sr	15,1-40,0 Ки/км ² ¹³⁷ Cs; 0,3-3,0 Ки/км ² ⁹⁰ Sr
Дерновые, аллювиальные, дерновые заболоченные	<80	120	160	200
	80,1–140	100	140	180
	140,1–200	80	100	120
	200,1–300	60	80	100
	>300	—	—	—

При коренном улучшении посев трав проводится, как правило, травосмесью из 3–4 видов злаковых трав, зернотравяной сеялкой или агрегатом для залужения сенокосно-пастбищных угодий с обязательным внесением 50–60 кг суперфосфата в рядки. Опыт научно-исследовательских учреждений и практика передовых хозяйств показывает, что травосмеси имеют преимущество перед чистыми посевами злаковых трав, превосходя их по продуктивности в 1,5–2 раза. Травосмеси более устойчивы к неблагоприятным условиям среды, в частности к продолжительности затопления. Набор трав с целью долгосрочного залужения подбирают в соответствии с особенностями земель и, прежде всего, с учетом поемности и складывающегося водного режима, а также видовых особенностей к накоплению радионуклидов.

При составлении травосмесей в их состав следует включать виды и сорта трав, наиболее приспособленные к конкретным почвенно-климатическим условиям. Учитывая, что бобовые более интенсивно поглощают радионуклиды, особенно ⁹⁰Sr, включать их в состав травос-

смесей можно лишь при очень низкой плотности радиоактивного загрязнения. При сенокосном типе использования в состав включают кострец безостый, овсяницу луговую, тимофеевку луговую. Если в дальнейшем (на 3–4-е годы) угодья планируется использовать как пастбище, то в составе травосмеси необходимо иметь 40–45 % низовых злаков и 55–60 % корневищных. При пастбищном типе использования можно рекомендовать травосмеси, состоящие из тимофеевки луговой, костреца безостого, мятлика лугового, ежи сборной. Как правило, нормы высева травосмесей для сенокосного использования составляют 22–25 кг/га, для сенокосно-пастбищного – 25–30 кг/га при 100 %-ной всхожести семян.

Послепосевное прикатывание является обязательным элементом коренного улучшения. Оно способствует созданию лучших условий для равномерной заделки семян и их прорастания. На пойменных землях рекомендуется проводить прикатывание тяжелыми водоналивными катками. Лучшие сроки проведения коренного улучшения пойменных угодий – конец июня – начало июля, крайние сроки – первая декада августа.

После улучшения сенокосно-пастбищных угодий огромное значение имеет их рациональное использование. Первые два года после проведения коренного улучшения пойменных земель их можно использовать исключительно как сенокосные угодья, чтобы сформировалась прочная дернина. При использовании в качестве пастбищных угодий происходит вытаптывание и повреждение дернины, что ведет к резкому снижению урожайности травостоя. В период эксплуатации угодий система применения удобрений такая же, как и при поверхностном улучшении.

Как показывают результаты исследований, проведение коренного улучшения пойменных угодий позволяет получать корма с содержанием радионуклидов, не превышающим существующие нормативы, в течение 3–4 лет при соблюдении технологии использования. В последующие годы вследствие деградации и изреживания культурного травостоя, а также уменьшения эффективности проведенного при коренном улучшении известкования может наблюдаться увеличение накопления радионуклидов в культурном травостое. В такой ситуации проводят повторное залужение. При этом не применяют вспашку почвы, если она проводилась при коренном улучшении угодий. В этом случае почву обрабатывают тяжелыми дисковыми боронами после внесения доломитовой муки в полной расчетной дозе. Система внесения минеральных удобрений та же, что и при проведении коренного улучшения (Подольск А. Г. и др., 2001).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Ведение аграрного производства в условиях радиоактивного загрязнения сельскохозяйственных угодий относится к наиболее тяжелым последствиям чернобыльской катастрофы. Реабилитация радиоактивно загрязненной территории предусматривает производство сельскохозяйственной продукции в пределах РДУ. При этом одним из основных направлений радиологической защиты населения, проживающего на территории загрязненной радионуклидами является проведение оптимизированных на основании дозиметрического мониторинга контрмер, в частности, для обеспечения производства продуктов питания с соблюдением установленных государством гигиенических нормативов по содержанию радионуклидов.

В соответствии с рекомендациями по ведению сельскохозяйственного производства в условиях радиоактивного загрязнения земель Республики Беларусь к основным мероприятиям, признанным самыми эффективными, относится комплекс мер по предотвращению миграции радионуклидов в звене «почва – сельскохозяйственные растения». Данный комплекс мер можно отнести к элементам экологизации земледелия или выращиванию культур в соответствии с требованиями биологического растениеводства. По прогнозам аналитиков, оборот мирового рынка биологически чистых продуктов за последние полтора десятка лет увеличился более чем вчетверо. Он будет и далее расти, и к 2020 году следует его ожидать на уровне 250–300 млрд. долларов. В этой связи в ряде стран разрабатываются и принимаются концепции развития зеленых технологий на период до 2050 года.

В настоящее время Республика Беларусь производит больше продуктов, чем потребляет. Поэтому республика может часть площадей своих сельскохозяйственных угодий отвести под экологическое земледелие. Это необходимо делать не только для снабжения детей, санаторий, больниц экологически чистыми продуктами, но и следо-

вать требованиям тенденций развития современного сельского хозяйства.

К этому должны готовиться сельхозпроизводители также и в загрязненных районах. Конечно, не повсеместно, а по мере улучшения радиоэкологической ситуации и с прицелом на перспективу.

Другой проблемой современного сельского хозяйства является снижение количества гумуса в почвах. Например, в середине прошлого столетия в белорусскую почву ежегодно вносилось по 20 млн. тонн торфа. Благодаря этому в земле сохранялся положительный баланс гумуса. Затем приоритетным стало внесение минеральных удобрений, и сейчас около 60 % сельскохозяйственных угодий имеют отрицательный баланс гумуса. Следствием применения минеральных удобрений является то, что вносимые в почву калий, фосфор и азот не полностью усваиваются растениями, вымываются из почвы и загрязняют окружающую среду. В Беларуси плодородный слой не превышает 25 см, под которым находится песок, сквозь который уходят потраченные на удобрения финансовые средства. Но цена удобрений – одна из важных составляющих себестоимости земледельческой продукции.

Еще одной проблемой является занятость и интенсивность использования земли. Например, земли в Беларуси используются лишь на 50 %: после уборки в июне – июле они пустуют. Из-за того, что не засеваются промежуточные культуры, страна теряет огромное количество кормов и продуктов, а почва теряет плодородие. Промежуточные культуры связывают минеральные вещества почвы, атмосферный азот, которые накапливаются в биомассе растений и тем самым предотвращают их вымывание из почвы и уход с паводковыми и дождевыми водами.

В настоящей монографии нашли отражение результаты исследований сотрудников РНИУП «Институт радиологии» и других научных учреждений и организаций аграрного профиля по экологизации земледелия на территории радиоактивного загрязнения, выполненные в рамках научных разделов государственных программ по преодолению последствий катастрофы на ЧАЭС за последние годы. Результаты изучения путей миграции цезия-137 и стронция-90 чернобыльского происхождения в агроэкосистемах позволили получить новые данные о их параметрах перехода в продукцию растениеводства. Установить влияние биологической доступности почвенного вещества, обработки почвы, внесения удобрений, видовых и сортовых особенностей сельскохозяйственных растений на поступление радионуклидов в зерновые, бобовые и зернобобовые, кормовые культуры.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агеец, В. Ю. Система радиозэкологических контрмер в агрофере Беларуси / В. Ю. Агеец ; Ин-т радиологии. – Минск, 2001. – 250 с.
2. Агеец, В. Ю. Система мер снижения поступления радионуклидов в урожай – основа реабилитации загрязненных территорий Беларуси : дис. ... д-ра с.-х. наук : 06.01.04. / В. Ю. Агеец. – Минск, 2001. – 278 с.
3. Агеец, В. Ю. Рекомендации по обеспечению кормовой базы животноводства переваримым протеином на основе использования гороха и люпина в условиях радиоактивного загрязнения / В. Ю. Агеец [и др.]. – Гомель : Ин-т радиологии, 2005. – 52 с.
4. Алексахин, Р. М. Снижение содержания радиоактивных веществ в продукции растениеводства / Р. М. Алексахина [и др.]. – М. : Агропромиздат, 1989. – 39 с.
5. Алексахин, Р. М. Поведение ^{137}Cs в системе почва – растение и влияние внесения удобрений на накопление радионуклидов в урожае / Р. М. Алексахин, И. Т. Моисеев, Ф. А. Тихомиров // Агрехимия. – 1992. – № 3. – С. 127–138.
6. Алексахин, Р. М. Рекомендации по ведению растениеводства на радиоактивно загрязненных территориях России / под. ред. Р. М. Алексахина, А. Н. Ратникова, Т. Л. Жигаревой. – М., 1997. – 115 с.
7. Алексахин, Р. М. Радиоактивное загрязнение почв как тип их деградации / Алексахин, Р. М. // Почвоведение. – 2009. – № 12 – С. 1487–1498.
8. Андреев, Н. Г. Луговое и полевое кормопроизводство / Н. Г. Андреев. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Агропромиздат, 1989. – 540 с.
9. Анспок, П. И. Микроудобрения : справ. книга / П. И. Анспок. – Л. : Колос : Ленингр. отдел, 1978. – 272 с.

10. Антонова, М. М. Травы и травосмеси для улучшения сенокосов и пастбищ / М. М. Антонова. – М. : Колос, 1971. – 128 с.
11. Антонюк, В. С. Адаптивные системы земледелия в Беларуси / В. С. Антонюк [и др.] ; под общ. ред. А. А. Попкова. – Минск : БелНИИАЭ, 2001. – 308 с.
12. Апплби, Л. Дж. Пути миграции искусственных радионуклидов в окружающей среде. Радиоэкология после Чернобыля : пер. с англ. / Л. Дж. Апплби [и др.] ; под ред. Ф. Уорнера, Р Харрисона. – М. : Мир, 1999. – 512 с.
13. Арастович, Т. В. Накопление ^{137}Cs и ^{90}Sr растениями на торфяно-болотных почвах в отдаленный период после аварии / Т. В. Арастович, О. В. Сузько, В. В. Головешкин // Межд. конф., Гомель, 25–26 апреля 2007 г. – Гомель, 2007. – С. 31–35.
14. Афанасьев, Н. И. Основная обработка дерново-подзолистой почвы, ее агрофизические свойства и урожайность культур / Н. И. Афанасьев, Л. В. Круглов, Г.В. Симченков // НТИ и рынок : ежемесячный научно-практический журнал для работников агропромышленного комплекса. – 1998. – № 1. – С. 15–18.
15. Бачило, Н. Г. Энергосберегающие системы обработки почвы / Н. Г. Бачило, Л.А. Булавин, В. И. Скидан. – Гомель, 2001.–28 с.
16. Бейня, В. А. Государственный реестр сортов и древесно-кустарниковых пород / В. А. Бейня (отв. ред.) ; ГУ «Государственная инспекция по испытанию и охране сортов растений». – Минск, 2013. – 203 с.
17. Белоус, Н. М. Влияние систем удобрения и пестицидов на накопление цезия-137 в сельскохозяйственных культурах на дерново-подзолистых песчаных почвах / Н. М. Белоус, В. Ф. Шаповалова, А. В. Кузнецов // Агрехимия. – 2002. – № 2. – С. 52–58.
18. Бережняк, М. Ф. Влияние почвозащитных технологий бесплужного возделывания сельскохозяйственных культур на агрофизические свойства чернозема типичного правобережной Лесостепи УССР : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / М. Ф. Бережняк. – Киев, 1987. – 24 с.
19. Богдевич, И. М. Инструкция по разработке программы «Производство и применение органических удобрений в колхозе, совхозе». / И. М. Богдевич, Г. В. Василюк, В. А. Тикавый. – Минск : БелНИИ-ПА, 1985. – 22 с.
20. Богдевич, И. М. Методика крупномасштабного агрохимического и радиологического обследования почв сельскохозяйственных угодий республики Беларусь / И. М. Богдевич [и др.]. – Минск : БелНИИПА, 1992. – 44с.

21. Богдевич, И. М. Агрохимические пути повышения плодородия дерново-подзолистых почв : дис. ... д-ра с.-х. наук : / И. М. Богдевич. – М. : ВИУА, 1992. – 73 с.
22. Богдевич, И. М. Рациональное использование загрязненных радионуклидами почв Беларуси / И. М. Богдевич, И. Д. Шмигельская, С. В. Тарасюк // Природные ресурсы. – 1997. – № 4. – С. 15–28.
23. Богдевич, И. М. Контрмеры, направленные на снижение перехода ^{90}Sr в растениеводческую продукцию / И. М. Богдевич [и др.] // Проблемы питания растений и использование удобрений в современных условиях : материалы Междунар. науч.-практ. конф. – Жодино, 2000. – С.50–53.
24. Богдевич, И. М. Влияние кислотности дерново-подзолистой почвы и доз калийных удобрений на переход ^{137}Cs и ^{90}Sr в клевер луговой / И. М. Богдевич, Ю. В. Путятин, А. В. Малышко // Почвоведение и агрохимия : сб. науч. тр./ Ин-т почвоведения и агрохимии НАН Беларуси ; под ред. – Минск, 2002. – Вып. 32. – С. 227.
25. Богдевич, И. М. Эффективность применения макро- и микроудобрений под горохо-овсяную смесь на загрязненных радионуклидами землях / И. М. Богдевич, Ю. В. Путятин, Т. М. Серая // Почвенные исследования и применение удобрений : сб. науч. тр. / Бел. Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск, 2003. – Вып. 27. – С. 275–283.
26. Богдевич, И. М. Повышение окультуренности почв - основной путь снижения загрязнения кормов радионуклидами / И. М. Богдевич, А. Г. Подоляк // Земляробства і ахова раслін. – 2003. – №6. – С. 14–16.
27. Богдевич, И. М. Применение органических удобрений на загрязненных радионуклидами почвах: рекомендации / И. М. Богдевич и др. – Минск, 2004. – 24 с.
28. Богдевич, И. М. Рекомендации по улучшению суходольных и низинных лугов, подвергшихся радиоактивному загрязнению / И. М. Богдевича, А. Г. Подоляк [и др.] ; Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск, 2004. – 63 с.
29. Богдевич, И. М. Особенности возделывания основных зернобобовых культур на кормовые цели в условиях радиоактивного загрязнения / И. М. Богдевич [и др.] ; НАН Беларуси, Ин-т почвоведения и агрохимии ; под ред. И. М. Богдевича. – Минск, 2005. – 40 с.
30. Богдевич, И. М. Влияние агрохимических свойств дерново-подзолистых супесчаных почв на урожайность и накопление ^{137}Cs и ^{90}Sr в зерне озимого тритикале / И. М. Богдевич, А. Г. Подоляк, Н. Н. Половков // Приемы повышения плодородия почв и эффективности удобрений : материалы межд. науч.-практич. конф., посвящ.

90-летию со дня рождения профессора А. А. Каликинского, Горки, 15–17 ноября. 2005 г. / – Горки, 2005. – С.23–26.

31. Богdevич И. М. Методические указания по определению участков загрязненных радионуклидами низко плодородных земель под залесение / И. М. Богdevич, А. Г. Подоляк [и др.] ; НАН Беларуси, Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск, 2005. – 32 с.

32. Богdevич, И. М. Рекомендации по возделыванию клевера на загрязненных радионуклидами землях / И. М. Богdevич [и др.]. – Минск, 2005. – 68 с.

33. Богdevич, И. М. Влияние сортовых особенностей кукурузы на урожайность и накопление ^{137}Cs и ^{90}Sr в зерне и зеленой массе на дерново-подзолистой супесчаной почве / И. М. Богdevич [и др.] // Земляробства і ахова раслін. – 2007. – № 2. – С. 39–42.

34. Богdevич, И. М. Рекомендации по ведению агропромышленного производства в условиях радиоактивного загрязнения земель Республики Беларусь / И. М. Богdevича [и др.] ; под ред. И. М. Богdevича. – Минск., 2008. – 72 с.

35. Богdevич, И. М. Рекомендации по возделыванию озимого тритикале в пределах РДУ на дерново-подзолистых супесчаных почвах, загрязнённых ^{137}Cs и ^{90}Sr / И. М. Богdevич [и др.] ; РУП «Институт почвоведения и агрохимии»; под ред. И. М. Богdevича. – Минск : Белорус. Науч. Ин-т внедрения новых форм хозяйствования в АПК, 2008. – 40 с.

36. Богdevич, И. М. Рекомендации по возделыванию кукурузы на дерново-подзолистых супесчаных почвах в условиях радиоактивного загрязнения / И. М. Богdevич ; под ред. И. М. Богdevича ; Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск, 2009. – 44 с.

37. Богdevич, И. М. Методика определения агрономической и экономической эффективности минеральных и органических удобрений / И. М. Богdevич [и др.] ; РУП «Ин-т почвоведения и агрохимии». – Минск, 2010. – 24 с.

38. Богdevич, И. М. Крупномасштабное агрохимическое и радиологическое обследование почв сельскохозяйственных земель Республики Беларусь: методические указания / И. М. Богdevич [и др.] ; под ред. И. М. Богdevича. – Минск : Ин-т почвоведения и агрохимии, 2012. – 48 с.

39. Боков, В. Донник – перспективная культура / В. Боков [и др.]. – М. : Целиноград, 1965. – 64 с.

40. Большаков, А. З. Время чествовать сорго / А. З. Большаков [и др.]. – Ростов н / Д : ЗАО «Ростоиздат», 2008. – 60 с.

41. Бондарь, П. Ф. Влияние почвенно-климатических условий на накопление ^{90}Sr растениями из почвы и прогнозирование уровня загрязнения урожая / П. Ф. Бондарь // *Агрохимия*. – 1983. – № 7. – С. 69–79.
42. Бондарь, П. Ф. Некоторые аспекты научного сопровождения ведения растениеводства на загрязненной территории / П. Ф. Бондарь // *Проблема сельскохозяйственной радиологии : сб. науч. тр. / Украин. науч.-исслед. ин-т с.-х. радиологии ; под ред. Н. А. Лощилова*. – Киев, 1996. – Вып. 4. – С. 107–123.
43. Бондарь, П. Ф. Теоретическое обоснование влияния разных факторов на поступление в растения радионуклидов и прогнозирования накопления их в урожае / П. Ф. Бондарь // *Радиационная биология. Радиоэкология*. – 1998. – Т.38. Вып.2. – С. 274–281.
44. Борисов, У. Ф. Формирование роста вегетативных органов и урожайность зеленой массы люпинов : автореф. дис.... канд. с.-х. наук. / У. Ф. Борисов – Горки, 1990. – 20 с.
45. Босак, В. Н. Урожай зерна кукурузы на дерново-подзолистых легкосуглинистой и рыхлосупесчаной почвах в зависимости от применения минеральных и органических удобрений / В. Н. Босак [и др.] // *Земляробства і ахова раслін*. – 2008. – № 2. – С. 67–68.
46. Бречко, Я. Н. Справочник нормативов трудовых и материальных затрат для ведения сельскохозяйственного производства / Я. Н. Бречко, М. Е. Суманов ; НАН Беларуси, Ин-т экономики - Центр аграрной экономики ; под ред. В. Г. Гусакова. – Минск : Бел. наука. 2006. – 709 с.
47. Буйневич, В. М. Сельское хозяйство Гомельской области : стат. сб. / Гомельское обл. упр. Статистики ; редкол.: В. М. Буйневич (отв. ред.) [и др.]. – Гомель, 2008. – 135 с.
48. Буряков, А. Т. Особенности обработки радиоактивно и техногенно загрязненных почв / А. Т. Буряков // *Земледелие*. – 2006. – № 1. – С. 22–23.
49. Бушуева, В. И. Результаты селекции галеги восточной / В. И. Бушуева [и др.] // *Стратегия и тактика экономически целесообразной адаптивной интенсификации земледелия : матер. Междунар. науч.-практич. конференции*. – Минск, 2004, – Т. 2. – С. 80–86.
50. Вавилов, П. П. Возделывание и использование козлятника восточного / П. П. Вавилов. – Л., 1982. – С. 5.
51. Вавилов, П. П. Растениеводство / П. П. Вавилов [и др.] ; под ред. П. П. Вавилова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Колос, 1981. – 432 с.

52. Вавилов, П. П. Растениеводство / П. П. Вавилов [и др.]. – М. : Агропромиздат, 1986. – 512 с.

53. Василюк, Г. В. Инструкция по известкованию кислых почв сельскохозяйственных угодий Республики Беларусь / Г. В. Василюк [и др.]. – Минск : Бел НИИПА, 1997. – 40 с.

54. Василюк, Г. В. Краткий нормативный справочник по использованию известковых, органических и минеральных удобрений. / Г. В. Василюк, А. В. Юрков, И. И. Сидоренко. – Гомель, 1998. – 30 с.

55. Василюк, Г. В. Инструкция определения дополнительной потребности материально-технических ресурсов для сельского хозяйства в зоне радиоактивного загрязнения / Г. В. Василюк [и др.] ; М-во по чрезвычайным ситуациям РБ. – Минск, 1999. – 25 с.

56. Васько, П. П. Без клеверов – нет пастбищ / П. П. Васько // Белорусское сельское хозяйство. – 2003. – № 5 (13). – С. 27.

57. Вильдфлуш, И. Р. Агрохимия / И. Р. Вильдфлуш [и др.] ; под общ. ред. И. Р. Вильдфлуш. – Минск : Ураджай, 2001. – 488 с.

58. Вольнов, В. В. Система основной обработки почвы при контурно-мелиоративном земледелии / В. В. Вольнов // Комплекс противоэрозионных мероприятий в действии : контурно-мелиоративное земледелие : тез. докл. респуб. конф. – Ворошиловград, 1985. – Т. 1. – С. 66–67.

59. Гесть, Г. А. Влияние агрофизических свойств дерново-подзолистой супесчаной почвы на урожайность озимого тритикале / Г. А. Гесть // Современные проблемы использования почв и повышения эффективности удобрений. Проблемы воспроизводства почвенного плодородия : материалы конференции / БГСХА ; редкол.: В. Б. Воробьев [и др.]. – Горки, 2001. – Ч. 1. – С. 47–48.

60. Государственная комплексная программа развития картофелеводства, овощеводства и плодоводства в 2011–2015 годах. – Минск : Беларусь, 2011. – 18 с.

61. Гракун, В. В. Создание высокопродуктивной структуры кормовых культур на антропогенно-преобразованных торфяных почвенных комплексах Полесья : рекомендации / Министерство сельского хозяйства и продовольствия республики Беларусь, РУП «НПЦ НАН Беларуси по земледелию», РУП «Ин-т мелиорации» ; сост. В. В. Гракун, Л. Н. Лученок, Э. Н. Шкутов. – Минск, 2009. – 32 с.

62. Гракун, В. В. Выбор структуры кормовых культур на антропогенно-преобразованных торфяных почвенных комплексах Полесья : методические рекомендации / Министерство сельского хозяйства и продовольствия республики Беларусь, РУП «НПЦ НАН Беларуси

по земледелию», РУП «Ин-т мелиорации» ; сост. В. В. Гракун, Л. Н. Лученок, Э. Н. Шкутов. – Минск, 2010. – 20 с.

63. Гриб, С. И. Резервы увеличения сырьевой базы белка в Беларуси / С. И. Гриб // Белорусское сельское хозяйство. – 2007. – № 1. – С. 38–39.

64. Гужев, П. В. Почвозащитные способы основной обработки почвы под овес на склоновых землях БССР : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / П. В. Гужев. – Жодино, 1990. – 25 с.

65. Гужев, П. В. Влияние способов основной обработки почвы на интенсивность водной эрозии склоновых земель и продуктивность севооборота / П. В. Гужев, Л. А. Булавин, Н. Г. Бачило // Известия ААН РБ. – 2001. – № 4. – С. 54–57.

66. Гусаков, В. Г. Организационно-технологические нормативы возделывания сельскохозяйственных культур: сборник отраслевых регламентов. / Ин. аграр. экономики НАН Беларуси ; В. Г. Гусаков [и др.]. – Минск : Бел. наука, 2005. – 460 с.

67. Данилова, А. А. Биологическая активность чернозема выщелоченного лесостепи Приобья и урожайность пшеницы при минимизации основной обработки / А. А. Данилова, В. Н. Халимон, А. А. Чепрасов // Сиб. вестн. с.-х. наук. – 1990. – № 2. – С. 3–8.

68. Дмитриева, С. И. Растения сенокосов и пастбищ / С. И. Дмитриева, В. Г. Игловиков. – М. : Колос, 1989. – 196 с.

69. Довбан, К. И. Зеленое удобрение / К. И. Довбан. – М. : Агропромиздат, 1990. – С. 58–66.

70. Дыжова, А. А. Видовые и сортовые особенности накопления радионуклидов овощными и пряно-вкусовыми культурами: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук : 06.01.05 / А. А. Дыжова ; Белорус. гос. с.-х. акад. – Горки, 2004. – 22 с.

71. Егорова, Г. С. Продуктивность травосмеси люцерны + эспарцет на светло-каштановых почвах Волгоградской области / Г. С. Егорова, Л. В. Петрунина // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. – 2008. – № 4 (12). – С. 35–40.

72. Evans, E. J. Effect of nitrogen on caesium-137 in soils and its uptake by oat plants / E. J. Evans, A. J. Dekker // Canadian Journal of Soil Science. – 1968. – Vol. 49. – P. 349–355.

73. Ермоленко, А. В. Экономическая эффективность систем обработки дерново-подзолистых супесчаных почв / А. В. Ермоленко, Н. Н. Цыбулько // Земляробства і ахова раслін. – 2012. – № 3. – С. 18–23.

74. Инишева, Л. И. Скорость минерализации органического вещества торфов / Л. И. Инишева, Т. В. Дементьева // Почвоведение. – № 2. – 2000. – С. 196–203.

75. Инструкции о порядке известкования кислых почв сельскохозяйственных земель : утв. Министерством сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь 13.10.08. – Минск, 2008. – 30 с.

76. Инструкция о порядке планирования потребности в материально-технических ресурсах и финансировании для осуществления защитных мероприятий в сельскохозяйственном производстве на территориях радиоактивного загрязнения: утв. М-вом по чрезвычайным ситуациям Респ. Беларусь 06.08.2008. – Минск : Дикта, 2008. – 23 с.

77. Жданович, В. П. Аккумуляция радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr разными видами и сортами зернобобовых культур / В. П. Жданович [и др.] // Вести НАН Беларуси: сер. аграрных наук. – 2005. – № 3. – С. 49–54.

78. Жигарева, Т. Л. Влияние технологических приемов возделывания сельскохозяйственных культур на накопление ^{137}Cs в урожае / Т. Л. Жигарева [и др.] // Агрехимия. – 2003. - № 10. – С. 67–74.

79. Жученко, Ю. М. Математическое моделирование потоков радионуклидов из сельскохозяйственных и естественных экосистем с целью радиационной реабилитации загрязненных территорий: автореф. дис. ... д-ра биол. наук : 03.00.01 / Ю. М. Жученко; – Обнинск, 1998. – 292 с.

80. Зиновенко, А.Л. Синос из смешанных злаково-бобовых посевов и его использование в рационах лактирующих коров / А. Л. Зиновенко [и др.] // Интенсификация производства продуктов животноводства : материалы Междунар. науч.-произв. конф., Жодино, 30–31 октября 2002 г. / – Минск, 2002. – С. 121.

81. Кадыров, М. А. Научную основу кормопроизводству Беларуси. / М. А. Кадыров, Л. В. Кукреш // Белорусское сельское хозяйство.– 2005.–№ 4 (36). – С. 7.

82. Кадыров, М. А. Суданская трава – кормовая культура в Беларуси. / Р. М. Кадыров [и др.] // Белорусское сельское хозяйство. – 2008. – № 7. – С. 29–32.

83. Кадыров, М. А. Стратегия экономически целесообразной адаптивной интенсификации земледелия Беларуси / М. А. Кадыров. – Минск, 2004. – 64 с.

84. Кадыров, Р. М. Чумиза в Беларуси : опыт и перспективы использования / Р. М. Кадыров, Т. А. Анохина, С. В. Кравцов // Белорусское сельское хозяйство – 2009 – № 11 – С. 55–56.

85. Кадыров, С. В. Сорго в ЦЧР : науч. издание / С. В. Кадыров [и др.]. – Ростов н/Д : ЗАО «Ростоиздат», 2008. – 80 с.

86. Карпенко, А. Ф. Эколого-экономические проблемы агропроизводства Гомельской области после Чернобыльской катастрофы : монография / А. Ф. Карпенко. – Брянск : Дельта, 2012. – 258 с.
87. Кореньков, Д. А. Агрохимия : справочник / под общ. ред. Д. А. Коренькова. – М. : Россельхозиздат, 1976. – 348 с.
88. Корнеев, Н. А. Проблема загрязнения земель сельскохозяйственного пользования радиоактивными веществами / Н. А. Корнеев // Владимирский земледелец. – 2004. – № 3–4. – С. 12.
89. Кочетов, И. С. Энергосберегающая обработка почвы в Нечерноземье / И. С. Кочетов. – М. : Росагропромиздат, 1990. – 160 с.
90. Крапивина, Л. Программа аграрного бизнеса: оптимальные объемы и качественный рост / Л. Крапивина. – Белорусское сельское хозяйство. 2016. – №4. – С. 4–10.
91. Круглов, Л. В. Влияние различных обработок на плотность дерново-подзолистой связносупесчаной почвы и урожай сельскохозяйственных культур / Л. В. Круглов, Р.С. Иванова, Г. А. Геть // Почвоведение и агрохимия. – 1993. – Вып. 28. – С. 45–57.
92. Крук, А. В. Особенности накопления ^{137}Cs некоторыми овощными культурами. / А. В. Крук // Материалы междунар. научно-практ. конф. «Проблемы экологического образования в постчернобыльских условиях». – Мозырь, 1998. – С. 60–61.
93. Крук, А. В. Оценка адаптивной способности и экологической стабильности сортов моркови / А. В. Крук // Материалы IV междунар. научн.-практ. конф. «Экологические проблемы Полесья и сопредельных территорий». Гомель, 2002. – С. 128–129.
94. Кузнецов, В. К. Влияние фосфорных удобрений на накопление ^{137}Cs сельскохозяйственными культурами / В. К. Кузнецов [и др.] // Агрохимия. – 2001. – № 9. – С. 47–53.
95. Кукреш, Л. В. Альтернативы белку нет. Без полноценной кормовой базы животноводство не может быть рентабельным / Л. В. Кукреш // Бел. Нива. – 2009. – С. 12–22.
96. Кукреш, Л. В. Проблемы производства кормового белка и ее решение / Л. В. Кукреш, И. С. Купцов // Белорусское сельское хозяйство. – 2007. – № 3. – С. 7–12.
97. Кукреш, Л. В. Кормопроизводство в Беларуси : агро-зоо-экономический анализ / Л. В. Кукреш, М. А. Кадыров // Земляробства і ахова раслін. – 2005. – № 4. – С. 3–6.
98. Кулага, И. Современное состояние и приоритеты развития переработки картофеля в Республике Беларусь / И. Кулага // Аграрная экономика. – 2012. – № 7. – С. 40–44.

99. Кулаковская, Т. Н. Справочник агрохимика / Т. Н. Кулаковская [и др.]. – 2-е изд., испр. и доп. – Минск : Ураджай, 1985. – 214 с.
100. Купцов, Н. С. Люпин – генетика, селекция, гетерогенные посевы / Н. С. Купцов, И. П. Такунов. – Брянск : Клинецы : ГУП Клинецовская городская типография, 2006. – 576 с.
101. Кшникаткина, А. Н. Козлятник восточный : монография / А. Н. Кшникаткина. – Пенза, 2001. – 287 с.
102. Ламан, Н. А. Биолого-экологические подходы к конструированию высоко-продуктивных смешанных агроценозов / А. Н. Ламан // Роль адаптив. интенсификации земледелия в повышении эффектив. аграр. пр-ва. – Жодино, 1998. – Т. 1. – С. 24–28.
103. Лапа, В. В. Система удобрений сельскохозяйственных культур : рекомендации. / В. В. Лапа [и др.]. – Минск : БелНИИПА, 1997. – 45 с.
104. Лапа, В. В. Агрохимические регламенты для повышения плодородия почв и эффективного использования удобрений : учеб. пособие / В. В. Лапа [и др.]. – Горки: БСХА, 2002. – 48 с.
105. Лапа, В. В. Технологические приемы оптимизации минерального питания сельскохозяйственных культур: рекомендации / РУП «Институт почвоведения и агрохимии НАН Беларуси» ; В. В. Лапа [и др.]. – Минск, 2005. – 15 с.
106. Лапа, В. В. Справочник агрохимика / В. В. Лапа [и др.] ; Ин-т почвоведения и агрохимии ; под ред. В. В. Лапа / – Минск, 2007. – 390 с.
107. Ласько, Т. В. Рекомендации по возделыванию лядвенца рогатого и галеги восточной на загрязненных радионуклидами землях / Т. В. Ласько [и др.]. – Гомель : Ин-т радиологии, 2008. – 60 с.
108. Лихацевич, А. П. Перспективы повышения плодородия мелиорированных земель / А. П. Лихацевич // Современные проблемы повышения плодородия почв Беларуси и пути их решения : материалы респ. науч.- производ. конф., Минск, 3 апреля 1998 г. // БелНИИ почвоведения и агрохимии ; редкол.: И. М. Богдевич (отв. ред.) [и др.]. – Минск, 1998. – С. 37–42.
109. Логинов, В. Ф. Прогноз изменения окружающей природной среды Беларуси на 2010-2020 гг. / В. Ф. Логинов ; под ред. В. Ф. Логинова. – Минск: Минсктиппроект, 2004. – 180 с.
110. Лукашевич, Н. П. Производство растительного белка / Н. П. Лукашевич, С. А. Турко, М. Н. Мяделец // Роль адаптивной интенсификации земледелия в повышении эффективности аграрного производства : материалы конф. – Жодино, 1998. – С. 58–62.

111. Лукашевич, Н. П. Горох (*PISUM SATIVUM L.*) / Н. П. Лукашевич // Биолого-технологические аспекты зернобобовых культур и их роль в кормопроизводстве : учеб. пособие / Н. П. Лукашевич. – Витебск, 2005. – С. 7–16.

112. Лученок, Л. Н. Структура использования торфяно-песчаных почвенных комплексов Полесья / Л. Н. Лученок // Мелиорация. – 2009. – № 1 (61). – С.164–171.

113. Маликов, В. Г. Видовые и сортовые различия растений в накоплении радиостронция и радиоцезия из почвы / В. Г. Маликов, Л. В. Перепелятникова, Б. И. Жуков // Агрохимия. – М., 1981. – № 8. – С. 94–98.

114. Мартиросов, С. И. Методика расчета условных кормопротеиновых единиц / С. И. Мартиросов. – 1977. – 30 с.

115. Мееровский, А. С. Проблемы рационального использования и сохранения мелиорированных почв / А. С. Мееровский, А. В. Семенченко // Современные проблемы повышения плодородия почв и защиты их от деградации : материалы Междунар. науч.-прктич. конф., посвящ. 75-летию ин-та почвоведения и агрохимии НАН Беларуси и III съезда почвоведов, Минск, 27–29 июня. 2006 г. / НАН Беларуси, Ин-т почвоведения и агрохимии, Белорус. общ-во почвоведов, Междунар. ин-т калия; редкол. : В. В. Лапа [и др.]. – Минск, 2006. – С. 165–167.

116. Мееровский, А. Как эффективно использовать луговые земли / А. Мееровский, А. Бирюкович. – Белорусское сельское хозяйство, 2016. – №4. – С. 44–46.

117. Медведев, В. В. Физико-химические свойства черноземов / В. В. Медведев [и др.] // Русский чернозем. 100 лет после Докучаева. – М., 1983. – С. 199–213.

118. Методические рекомендации по повышению эффективности кормовых угодий в колхозах и совхозах Гомельской области. – Гомель, 1989. – 61с.

119. Моисеев, И. Т. К вопросу о влиянии минеральных удобрений на доступность ^{137}Cs из почвы сельскохозяйственными растениями / И. Т. Моисеев, Л. А. Рерих, Ф. А. Тихомиров // Агрохимия. – 1986. – № 2. – С. 89.

120. Моисеев, И. Т. К оценке влияния минеральных удобрений на динамику обменного ^{137}Cs в почвах и доступность его овощным культурам / И. Т. Моисеев [и др.] // Агрохимия. – 1988. – № 5. – С.86–92.

121. Моисеев, И. Т. Изучение поведения ^{137}Cs в почвах и его поступления в сельскохозяйственные культуры в зависимости от раз-

личных факторов / И. Т. Моисеев, Г. И. Агапкина, Л. А. Рерих // *Агрохимия*. – Москва : Наука, 1994. – № 2. – С. 113–118.

122. Моисеев, И. Т. Влияние сортовых особенностей пшеницы и гороха на накопление цезия-137 и калия в урожае / И. Т. Моисеев, Ф. А. Тихомиров, Л. А. Рерих // *Вест. МГУ, Почвоведение*. – Москва: Наука, 1977. – № 3. – С. 105–109.

123. Моргун, Ф. Т. Почвозащитное бесплужное земледелие / Ф. Т. Моргун, Н. К. Шикула. – М. : Колос, 1984. – 275 с.

124. Никитина, И. Перспективные направления развития рынка картофеля / И. Никитина // *Аграрная экономика*. – 2012. – № 8. – С. 40–44.

125. Никончик, П. И. Агроэкономические основы систем использования земли / П. И. Никончик. – Минск : Белорусская наука, 2007. – 532 с.

126. Никончик, П. И. Динамика посевных площадей многолетних трав и кукурузы в сельскохозяйственных организациях Республики Беларусь / П. И. Никончик // *Земляробства и ахова раслін*. – 2008. – № 3. – С. 52–54.

127. Новоселов, Ю. К. Рекомендации по производству и использованию на корм зерна зернобобовых культур в смешанных посевах в Нечерноземной зоне / Ю. К. Новоселов [и др.]. – Москва, 1999. – 32 с.

128. Образцов, А. С. Основные принципы теории потенциальной продуктивности смешанных посевов / А. С. Образцов // *Потенциальная продуктивность культурных растений* / А. С. Образцов. – Москва, 2001. – Гл. 7. – С. 225–250.

129. Овсянникова, Г. В. Возделывание эспарцета в зернопропашном севообороте / Г. В. Овсянникова, Т. В. Грязева, М. Е. Кравченко // *Зерновое хозяйство России*. – 2011. – № 1 (13). – С. 63–66.

130. Охинько, И. П. Изменение эффективного плодородия пахотного слоя почвы при длительном применении почвозащитной обработки / И. П. Охинько // *Водная и ветровая эрозия почв и меры борьбы с ней в Сибири*. – Новосибирск : Наука : Сибирское отделение, 1974. – С. 101–107.

131. Панков, Д. М. Продуктивность эспарцета в агроценозе : монография / Д. М. Панков ; Бийский пед. гос. ун-т им. В. М. Шукшина. – Бийск : БГПУ имени В. М. Шукшина, 2009. – 138 с.

132. Персикова, Т. Ф. Продуктивность бобовых культур при локальном внесении удобрений : монография / Т. Ф. Персикова. – Горки : БСХА, 2002. – 204 с.

133. Пикун, П. Т. Лядвенец рогатый в кормопроизводстве / П. Т. Пикун // *Кормопроизводство*. – 1984. – № 12. – С. 34–36.

134. Пироговская, Г. В. Эффективность возделывания люпина на дерново-подзолистых песчаных и супесчаных почвах при различном хозяйственном использовании / Г. В. Пироговская [и др.] // Международный аграрный журнал. – 1999. – № 2. – С.18–23.
135. Пироговская, Г. В. Медленнодействующие удобрения / Г. В. Пироговская. – Минск : БНИИПА, 2000. – 287 с.
136. Подгорный, П. И. Растениеводство. / П. И Подгорный. – 2-е перераб. изд. – М. : Сельхозиздат, 1963. – 480 с.
137. Подоляк, А. Г. Рекомендации по использованию загрязнённых радионуклидами пойменных земель Белорусского Полесья / А. Г. Подоляк [и др.]. – Гомель: Ин-т радиологии, 2001. – 27 с.
138. Подоляк, А. Г. Влияние агротехнических и агрохимических приемов улучшения основных типов лугов Белорусского Полесья на поступление в травостой ^{137}Cs и ^{90}Sr : дис. ... канд. с.-х. наук : 05.02.01 / А. Г. Подоляк ; Ин-т почвоведения и агрохимии НАН Беларуси. – Минск, 2002. – 235 с.
139. Подоляк, А. Г. Прогноз накопления ^{137}Cs и ^{90}Sr в урожае озимого тритикале / А. Г. Подоляк, В.П. Жданович, Н. Н. Половков // Агроекология : сб. науч. тр. / УО БГСХА ; под науч. ред. А. Р. Цыганова. – Горки, 2004. – Вып. 1. Проблемы сельскохозяйственной радиологии и пути их решения. – С. 161–163.
140. Подоляк, А. Г. Производство кукурузы в условиях радиоактивного загрязнения почв / А. Г. Подоляк, В. П. Жданович // Преодоление последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС: состояние и перспективы : сб. науч. тр. II Международ. науч.-практич. конф. / редкол. В. Е. Шевчука [и др.]. – Минск, 2004. – С. 160–162.
141. Подоляк, А. Г. Перспективная структура посевов зернобобовых культур – способ повышения эффективности кормопроизводства на загрязненных ^{137}Cs и ^{90}Sr землях Гомельской области / А. Г. Подоляк, В. П. Жданович // Земляробства і ахова раслін. – 2006. – № 4. – С. 20–23.
142. Подоляк, А. Г. Рекомендации по использованию возвращаемых в оборот загрязненных радионуклидами сельскохозяйственных земель / А. Г. Подоляк [и др.] ; Ин-т радиологии. – Минск, 2015. – 36 с.
143. Поздняков, В. А. Состояние исследований по селекции и семеноводству кормовых культур в России и за рубежом / В. А. Поздняков // Пути повышения урожайности и качества сельскохозяйственных культур на северо-западе России / Тр. Российской академии сельскохозяйственных наук / В. А. Поздняков. – С.-Пб., 2000. – С. 147–151.

144. Попков, Н. А. Создание и использование высокопродуктивных бобово-злаковых пастбищ : рекомендации / Н. А. Попков [и др.] ; Министерство сельского хозяйства и продовольствия, Национальная академия наук Беларуси, РУП «Институт животноводства НАН Беларуси», РУП «Институт мелиорации и луговодства НАН Беларуси», УО «Витебская академия ветеринарной медицины», РО «Белсемена». – Минск, 2006. – 52 с.

145. Прижуков, Ф. Б. Агрономические аспекты альтернативного земледелия / Ф. Б. Прижуков. – М., 1989. – 50 с. (Обзорная информация).

146. Пристер, Б. С. Актуальные проблемы кормопроизводства в условиях радиоактивного загрязнения территории / Б. С. Пристер, Г. П. Перепелятникова, М. И. Ильин // Проблема сельскохозяйственной радиологии : сб. науч. тр. / Украин. науч.-исслед ин-т с.-х. радиологии; под ред. Н. А. Лощилова. – Киев, 1992. – Вып. 2. – С. 71–88.

147. Путырский И. Н. Возможности дифференциации экологических ниш по азоту и свету в ячменно-гороховых агрофитоценозах / И. Н. Путырский [и др.] // Роль адаптивной интенсификации земледелия в повышении эффективности аграрного производства ; под ред. В. Н. Шлапунова. – Жодино, 1998. – Т. II. – С. 26–29.

148. Путятин, Ю. В. Адаптивное использование макро- и микроудобрений под горох на загрязненных радионуклидами землях / Ю. В. Путятин, Т. М. Серая // Земляробства і ахова раслін. – 2003. – № 5 – С. 23–24.

149. Рак, М. В. Применение некорневых подкормок сельскохозяйственных культур микроудобрениями на загрязненных радионуклидами почвах : рекомендации / М. В. Рак [и др.] ; Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск, 2004. – 19 с.

150. Рамазанов, Р. Я. Влияние систем обработки и удобрений на агрофизические свойства типичного чернозема Предуралья / Р. Я. Рамазанов, Ф. Х. Хазиев // Почвоведение. – 1994. – № 6.–С. 77–84.

151. Рекомендации по ведению сельскохозяйственного производства в условиях радиоактивного загрязнения земель Республики Беларусь на 2012–2016 годы / Департамент по ликвидации последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС МЧС РБ, М-во с.-х. и прод. РБ. – Минск, 2012. – 122 с.

152. Русак, Л. В. Кормопроизводству в 2005 году – устойчивость и качество / Л. В. Русак // Белорусское сельское хозяйство. – 2005. – № 4 (36). – С. 3.

153. Рябина, О. В. Интродукция эспарцета песчаного (*Onobrychis arenaria* DC.) в Иркутской области : дис. ... канд. биол. наук : 03.00.16 / О. В. Рябина. – Иркутск, 1998 – 197 с.

154. Рябина, О. В. Эспарцет песчаный – резерв кормовой базы Иркутской области / О. В. Рябина // Аграрная наука. – 2002. – № 2. – С. 10 – 11.

155. Савин, А. П. Донниковая система земледелия / А. П. Савин // Растениеводство. – 2005. – № 4. – С. 9.

156. Садохина, Т. А. Формирование устойчивых высокопродуктивных агроценозов ячменя и его смесей с зернобобовыми культурами на зернофураж в лесостепи Западной Сибири : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Т. А. Садохина. – Новосибирск, 2006. – 18 с.

157. Сарасеко, Е. Г. Рекомендации по оптимизации структуры посевных площадей в сельскохозяйственных организациях с высоким удельным весом торфяных почв, загрязненных радионуклидами. / Е. Г. Сарасеко, А. Г. Подоляк [и др.]. – Гомель : Ин-т радиологии, 2012. – 38 с.

158. Седукова, Г. В. Сорго – перспективная кормовая культура на загрязненных радионуклидами землях / Г. В. Седукова, А. М Самусев, Л. И Козлова // Белорусское сельское хозяйство.–2009.– № 11.– С. 53–54.

159. Седукова, Г. В. Рекомендации по использованию в схеме зеленого конвейера на загрязненных радионуклидами территориях пайзы, сорго, могоара, чумизы, суданской травы и сорго-суданкового гибрида / Г. В. Седукова [и др.] : Ин-т радиологии. – Гомель, 2010. – 41 с.

160. Седукова, Г. В. Рекомендации по оптимизации состава однолетних бобово-злаковых смесей на дерново-подзолистых супесчаных почвах, загрязнённых радионуклидами / Седукова Г. В., [и др.] : РНИУП «Институт радиологии». – Гомель, 2011. – 25 с.

161. Седукова, Г. В. Возделывание зерна овса различной степени плёнчатости на загрязненных радионуклидами землях : рекомендации / Г. В. Седукова [и др.]. – Минск : Институт радиологии, 2013. – 28 с.

162. Седукова, Г. В. О возможности возвращения в оборот земель, выведенных после катастрофы на Чернобыльской АЭС / Г. В. Седукова, С. А. Исаченко / VII съезд по радиационным исследованиям : тезисы докладов, Москва, 21–24 октября 2014 г. – Москва : РУДН, 2014. – С. 329.

163. Семененко, Н. Н. Методические указания по проведению комплексной почвенно-растительной диагностики азотного питания зерновых культур в БССР / Н.Н. Семененко [и др.]. – Минск : Ураджай, 1988. – 32 с.

164. Семененко, Н. Н. Азотный режим дерново-подзолистых почв и рациональное применение азотных удобрений : автореф. дис. ... докт. с.-х. наук : 06.01.04 / Н. Н. Семененко ; РУП «Ин-т почвоведения и агрохимии». – Минск, 1992. – 48 с.

165. Семененко, Н. Н. Адаптивные системы применения азотных удобрений / Н. Н. Семененко. – Минск : Бел. изд. тов-во «Хата», 2003. – 164 с.

166. Семененко, Н. Н. Адаптивная система применения азотных удобрений под зерновые культуры : методические рекомендации / под ред. Н. Н. Семененко. – Минск, 2005. – 28 с.

167. Симченков, Г. В. Совершенствование обработки почвы в Белоруссии / Г. В. Симченков // Земледелие. – 1991. – № 12. – С. 44–47.

168. Симченков, Г. В. Совершенствование систем обработки почвы и методов борьбы с сорной растительностью / Г. В. Симченков, Н. Г. Бачило, Л. А. Булавин // Весн. акадэміі аграрных навук Рэспублікі Беларусь. – 1997. – № 2. – С. 49–53.

169. Синицин, Н. В. Создание и использование высокопродуктивных лугов на пойменных землях : инструкция / Н. В. Синицин, А. И. Медведский, Ю. М. Корчоха. – Мн. : Ураджай, 1986. – 39 с.

170. Смяян, Н. И. Оценка плодородия почв Белоруссии / Н. И. Смяян [и др.]. – Минск : Ураджай, 1989. – 359 с.

171. Смяян, Н. И. Оценка пригодности загрязненных радионуклидами почв для возделывания сельскохозяйственных культур. / Н. И. Смяян, Л. И. Шибут, Г. С. Цытрон // Агрэкологія : сб. науч. тр. / М-во с.-х. и прадовольства РБ, Беларус. гос. с.-х. академия. – Горьки, 2004. – Вып. 1. : Проблемы сельскохозяйственной радиологии и пути их решения. – С. 192–194.

172. Смяян, Н. И. Классификация, диагностика и систематический список почв Беларуси / Н. И. Смяян, Г. С. Цытрон. – Минск : РУП «Институт почвоведения и агрохимии», 2007. – 220 с.

173. Смурыгина, М. А. Справочник по кормопроизводству / М. А. Смурыгина. – М. : Агропроиздат, 1989. – 413 с.

174. Старовойтов, А. М. Районированные сорта – основа высоких урожаев: кат. районированных сортов по Беларуси / отв. ред. А. М. Старовойтов. – Минск : Ураджай, 1997. – 176 с.

175. Старовойтов, А. М. Государственный реестр сортов и древесно-кустарниковых пород / А. М. Старовойтов ; М-во с.-х. и прадовольства РБ, Гос. инспекция по испытанию и охране сортов растений. – Минск, 2004. – С. 21–22.

176. Старовойтов, А. М. Сорта, включенные в государственный реестр, – основа высоких урожаев : справочное изд. / ГУ Гос. инспекция

по испытанию и охране сортов растений ; редкол.: А. М. Старовойтов (отв. ред.). – Минск, 2004. – Ч. 3 : Характеристика сортов, включенных в государственный реестр – С. 67 – 68.

177. Стрелков, В. Г. Влияние минеральных удобрений на урожай и качество сена лядвенца рогатого / В. Г. Стрелков, Т. П. Шашко // Биология сельскохозяйственных культур : сб. науч. тр. – Горки, 1972. – Т. 94. – С. 86–88.

178. Стрелков, В. Г. Культура лядвенца рогатого в условиях северо-восточной части Белорусии : дис. ... докт. с-х. наук / В. Г. Стрелков. – Жодино, 1975. – 48 с.

179. Сузько, О. В. О проблемах радиозэкологии торфяных почв / О. В. Сузько, Т. В. Арастович, В. В. Головешкин // Сахаровские чтения 2006 года: экологические проблемы XXI века : материалы 6-й Международ. науч. конф., Минск, 18-19 мая 2006 г. / под ред. С. П. Кундаса [и др]. – Мн. : МГЭУ им. А. Д. Сахарова, 2006. – Ч. 2. – С. 121–123.

180. Такунов, И. П. Адаптивный потенциал и урожайность люпина в смешанных агрофитоценозах / И. П. Такунов, А. С. Кононов // Аграрная наука. – 1995. – № 2. – С. 41–42.

181. Такунов, И. П. Применение бора и молибдена под узколиственный люпин на серых лесных почвах / И. П. Такунов // Агротехника.– 1995.–№ 10.–С. 75–81.

182. Такунов, И. П. Агробиологические основы увеличения производства люпина в Нечерноземной зоне России : автореф. дис. ... д-ра с-х наук / И. П. Такунов ; ВНИИ кормов им. В. Р. Вильяиса. – Лобня, 1998. – 79 с.

183. Тарануха, Г. И. Значение и распространение люпина / Г. И. Тарануха // Люпин : биология, селекция и технология возделывания : учеб. пособие / Г. И. Тарануха. – Горки, 2001. – С. 5–13.

184. Тикавый, В. А. Технология использования соломы на удобрение / В. А. Тикавый [и др.] – Мн.: БелНИИПА, 1992. – 17 с.

185. Тимофеева, М. Донник в кормовых севооборотах Якутии / М. Тимофеева, Н. Попов // Главный зоотехник. Июль 2009. – № 7. – С. 47–49.

186. Тимофеев С. Ф. Рекомендации по использованию районированных сортов зерновых культур в условиях радиоактивного загрязнения сельхозугодий / С. Ф. Тимофеев [и др.]. – Гомель : Ин-т радиологии, 2007. – 29 с.

187. Тимофеев, С. Ф., Накопление радионуклидов сельскохозяйственными культурами в условиях радиоактивного загрязнения территории. / Тимофеев, С. Ф., Подоляк А. Г., Кильчевский А. В., Крук

А. В. и др. Сельскохозяйственная экология и биотехнология : сб. научн. трудов. – Горки, 1997. – С. 81–88.

188. Трушин, В. Ф. Обработка почвы в Нечерноземной зоне Урала: рекомендации / В. Ф. Трушин [и др.] ; под ред. В. Ф. Трушина. – Свердловск, 1987. – 62 с.

189. Трушин, В. Ф. Бесплужная обработка оподзоленного чернозема на Среднем Урале / В. Ф. Трушин, Э. Ф. Крылов // Ресурсосберегающие системы обработки почвы. – М., 1990. – С. 84–92.

190. Тулина, А. С. Закономерности поступления ^{137}Cs в растения из дерново-подзолистой песчаной почвы при внесении азотных удобрений / А. С. Тулина, Н. Г. Ставрова, В. М. Семенов // Агрехимия. – 2007. – № 11. – С. 61–70.

191. Тулин, С. А. Рекомендации по эффективному применению азота в загрязненной радионуклидами зоне : информ. листок / С. А. Тулин, А. С. Тулина ; Брянский ЦНТИ. – 1994. – № 13.

192. Ульянчик, В. И. Влияние гербицидов почвенного действия на урожайность зеленой масс и экономическую эффективность возделывания суданской травы / В. И. Ульянчик, Ф. Н. Зарецкий // Кормопроизводство : технологии, экономика, почвосбережение : сб. мат. междунауч.-практ. конференции, Жодино, 25–26 июня 2009г. / Науч. практ. центр НАН Беларуси по земледелию. – Минск : ИВЦ «Минфина», 2009. – С. 66–69.

193. Фирсакова, С. К. Луговые биогеоценозы как критические радиоэкологические системы и принципы ведения луговодства в условиях радиоактивного загрязнения (на примере Белорусского Полесья после аварии на ЧАЭС) : дис. ...д-ра биол. наук : 03.00.01. / С. К. Фирсакова. – Обнинск, 1992. – 54 с.

194. Фирсов, И. П. Технология растениеводства / И. П. Фирсов, А. М. Соловьев, М. Ф. Трифонова. – М. : КолосС, 2004. – 472 с.

195. Харьков, Г. Д. Основные направления повышения белковой полноценности зернофуражных культур в Нечерноземной зоне / Г. Д. Харьков, Н. Г. Шиловская // Адаптивное кормопроизводство: проблемы и решения / А. С. Шпаков [и др.]; под ред. А. С. Шпакова. – М., 2002. – С. 195–212.

196. Цыбулько, Н. Н. Зависимость биологической доступности ^{137}Cs от водно физических свойств дерново-подзолистых супесчаных почв / Н. Н. Цыбулько, А. В. Ермоленко // Экологический вестник. – 2011. – № 1. – С. 33–39.

197. Цыбулько, Н. Н. Научные основы реабилитации сельскохозяйственных территорий, загрязненных в результате крупных радиаци-

онных аварий / Н. Н. Цыбулько [и др.] ; под общ. ред. Н. Н. Цыбулько. – Минск : Институт радиологии, 2011. – 438 с.

198. Цыбулько, Н. Н. Влияние систем обработки на физические свойства дерново-подзолистых супесчаных почв и урожайность сельскохозяйственных культур / Н. Н. Цыбулько, А. В. Ермоленко, С. С. Лазаревич // Почвоведение и агрохимия. – 2011. – № 2. – С. 30–42.

199. Цыбулько, Н. Н. Ресурсосберегающая обработка почв в условиях радиоактивного загрязнения : рекомендации / Н. Н. Цыбулько [и др.]. – Минск : Ин-т радиологии, 2012. – 64 с.

200. Цыбулько, Н. Н. Рекомендации по возделыванию разных сортов картофеля в условиях радиоактивного загрязнения / Н. Н. Цыбулько [и др.]. – Минск : Институт радиологии, 2013. – 23 с.

201. Цыбулько, Н. Н. Рекомендации по возделыванию донника белого и эспарцета на зеленую массу в условиях радиоактивного загрязнения земель / Цыбулько Н. Н. [и др.]. – Минск : Институт радиологии, 2013. – 32 с.

202. Цыбулько, Н. Н. Применение азотных удобрений на загрязненных радионуклидами землях : рекомендации / Н. Н. Цыбулько [и др.] ; под общ. ред. Н. Н. Цыбулько. – Минск, 2014. – 52 с.

203. Цыбулько, Н. Н. Методология комплексной оценки радиационно-опасных земель при возврате в хозяйственное пользование / Н. Н. Цыбулько, Т. П. Шапшеева // Экологический вестник. – 2014. – № 4 (30) – С. 97–102.

204. Чернилевский, Н. С. Приемы основной обработки дерново-подзолистой почвы и урожайность сельскохозяйственных культур / Н. С. Чернилевский, В. Б. Брезинский // Ресурсосберегающие системы обработки почвы : сб. науч. тр. / ВАСХНИЛ ; под науч. ред. И. П. Макарова. – М. : Агропромиздат, 1990. – С. 175–181.

205. Четверть века после чернобыльской катастрофы: итоги и перспективы преодоления: Национальный доклад / под ред. Н. Я. Борисевич. – Минск: Департамент по ликвидации последствий на Чернобыльской АЭС Министерства по чрезвычайным ситуациям РБ, 2011. – С. 15–16.

206. Шабаев, А. И. Адаптивно-экологические системы земледелия в агроландшафтах Поволжья / А. И. Шабаев. – Саратов : ФГОУ «Саратовский ГАУ», 2003. – 320 с.

207. Шашко, К. Г. Об эффективности выращивания смесей ярового ячменя с узколиственным люпином на зернофураж / К. Г. Шашко [и др.] // Земледелие и растениеводство : науч. тр. / Белорус. науч.-исслед. ин-т земледелия и кормов. – Вып. 37. – Минск, 2000. – С. 86–91.

208. Шевченко, И. П. Влияние способов обработки почвы и удобрений на противозрозионную устойчивость чернозема типичного и продуктивность культур : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / И. П. Шевченко. – Киев, 1989. – 26 с.

209. Шелюто, Б. В. Зелёные и сырьевые конвейеры / Б. В. Шелюто, В. Н. Шлапунов, А. А. Шелюто. – Минск : Экоперспектива, 2008. – 240 с.

210. Шелюто, Б. В. Особенности формирования урожая донника белого и клевера лугового в совместных посевах / Б. В. Шелюто // Земляробства і ахова раслін. – 2006. – № 6 (49). – С. 36–38.

211. Шелюто, А. А. Кормопроизводство : учеб. пособие для студентов высш. учеб. заведений / А. А. Шелюто [и др.] ; под ред. А. А. Шелюто. – Минск : ИВЦ Минфина, 2009. – С. 43–49.

212. Шеховцов, А. Н. Изменение плодородия чернозема обыкновенного сла-бозеродрованного при различных техн ологиях возделывания сельскохозяйственных культур в юго-восточной части УССР: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / А. Н. Шеховцов. – Киев, 1990. – 23 с.

213. Шкель, М. П. Применение удобрений в интенсивном земледелии: справ. пособие / М. П. Шкель [и др.] ; под ред. М. П. Шкеля. – Минск : Ураджай, 1989. – 167 с.

214. Шмигельская, И. Д. Особенности накопления ^{137}Cs и ^{90}Sr видами и сортами сельскохозяйственных культур. / И. Д. Шмигельская [и др.] // Агрэкологія : сб. науч. тр. / Мин-во с.-х. и продовольствия РБ, Беларус. гос. сельскохозяйственаа академія. – Горкі, 2004. – Вып. 1. : Проблемы сельскохозяйственной радиологии и пути их решения. – С. 211–214.

215. Шлапунов, В. Н. Интенсивная технология возделывания кукурузы на зерно: рекомендации / В. Н. Шлапунов [и др.] ; Гомельский областной агропромышленный комитет ; под ред. А. М. Певнева. – Гомель: Полеспечать, 1988–65с.

216. Шлапунов, В. Н. Важнейшие вопросы эффективного выращивания кукурузы в Беларуси : мет. рек. по возделыванию кукурузы в хозяйствах Гомельской области. / В. Н. Шлапунов, В. А. Щербаков, Д. Шпаар. – Гомель, 2000. – С. 9–21.

217. Шлапунов, В. Н. Кормовое поле Беларуси / В. Н. Шлапунов, В. С. Цыдик. – Барановичи : Барановичская укрупненная типография, 2003. – 304 с.

218. Шлапунов, В. Н. Динамика формирования урожая сорго сахарного и его зависимость от уровня азотного питания / В. Н. Шлапунов [и др.] // Весці нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя аграрных навук – 2006. – № 4.

219. Шлапунов, В. Н. Однолетние травы в одновидовых и смешанных посевах / В. Н. Шлапунов [и др.] // Современные ресурсосберегающие технологии производства растениеводческой продукции в Беларуси: сб. науч. материалов / РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию». – Минск, 2007. – С. 324–328.

220. Шлапунов, В. Н. Донник белый – конкурент люцерне и клеверу / В. Н. Шлапунов // Белорусское сельское хозяйство. – Апрель, 2008. – № 4 (72). – С. 44–46.

221. Шлапунов, В. Н. Стабильный зеленый конвейер залог – продуктивности животных / В. Н. Шлапунов, Т. Н. Лукашевич // Белорусское сельское хозяйство. – 2009. – № 6. – С. 9–11.

222. Шпаков, А. П. Кормовые нормы и состав кормов : справ. пособие / А. П. Шпаков [и др.]. – Минск. : Ураджай, 1991. – 384 с.

223. Шпаков, А. С. Основные принципы и параметры создания агрофитоценозов однолетних трав для полевых и кормовых севооборотов / А. С. Шпаков [и др.] // Адаптивное кормопроизводство: проблемы и решения / А. С. Шпаков [и др.] ; под ред. А. С. Шпакова. – М., 2002. – С.170–180.

224. Шукис, Е. Р. Влияние гидротермических условий на рост и развитие донника / Е. Р. Шукис, Е. В. Гуркова // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2006. – № 3. – С. 45–47.

225. Щербаков, В. А. Кукуруза / В. А. Щербаков [и др.]; под общ. ред. В. А. Щербакова. – Минск : Беларуская навука, 1998. – 200 с.

226. Юркевич, И. Д. Естественные кормовые угодья Белорусской ССР / И. Д. Юркевич [и др.]. – М. : Наука, 1976. – 110 с.

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРИНЫ

**Подоляк Александр Григорьевич,
Крук Андрей Викторович,
Карпенко Алексей Фёдорович**

**ЭКОЛОГИЗАЦИЯ РАСТЕНИЕВОДСТВА
НА ТЕРРИТОРИИ
РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ**

Подписано в печать 01.06.2020. Формат 60x84 1/16.
Бумага офсетная. Ризография. Усл. печ. л. 19,53
Уч.-изд. л. 21,35. Тираж 100 экз. (1-й завод 1–50) Заказ 242

Издатель и полиграфическое исполнение:

учреждение образования
«Гомельский государственный университет
имени Франциска Скорины»

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий № 3/1452 от 17.04.2017.

Специальное разрешение (лицензия) № 02330 / 450 от 18.12.2013.

Ул. Советская, 104, 246019, Гомель.

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРИНЫ