

631.1

Р 362 п. в.

М151482

Рекомендации по ведению
сельскохозяйственного
производства на территории
радиоактивного загрязнения
Республики Беларусь
на 2021–2025 годы

НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК БЕЛАРУСИ

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

ИНСТИТУТ ПОЧВОВЕДЕНИЯ И АГРОХИМИИ

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЕДЕНИЮ

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

НА ТЕРРИТОРИИ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ НА 2021–2025 ГОДЫ

621.1:617.876.1.6

43

УЧ. БЕЛОРУССКАЯ ГОС. ЗАРЯДБЕНАЯ	СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ	АКАДЕМИЯ
	Отд. <u>631.1</u>	
	Шифр <u>Р 362 п.в.</u>	
	Инв. № <u>151482</u>	
БИБЛИОТЕКА		

Минск
2021

УДК 631.1:[504.5:628.4.047](476)"2021/2025"(083.132)

ББК 40(4Бел)

Р36

Рассмотрено и утверждено Ученым советом РУП «Институт почвоведения и агрохимии» (протокол № 11 от 26 ноября 2020 г.)

Одобрено и рекомендовано для использования на загрязненных радионуклидами землях Научно-техническим советом секции растениеводства Главного управления растениеводства Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь (протокол № 7 от 22 декабря 2020 г.)

Авторы:

Н. Н. Цыбулько, В. В. Лапа, И. М. Богдевич, Ю. В. Путятин, М. В. Рак, А. М. Устинова, В. Б. Цырибко (*РУП «Институт почвоведения и агрохимии»*); И. А. Чешик, Г. В. Седукова, А. А. Царенок (*ГНУ «Институт радиобиологии»*); И. И. Кучинская, А. Б. Липень (*Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь*); А. Г. Подоляк (*КУП «Гомельская ОПИСХ»*); О. Н. Антипенко (*Департамент по ликвидации последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС*)

Рекомендации по ведению сельскохозяйственного производства на территории радиоактивного загрязнения Республики Беларусь на 2021–2025 годы / Н. Н. Цыбулько [и др.]; Национальная академия наук Беларуси, Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь, Институт почвоведения и агрохимии. – Минск : ИВЦ Минфина, 2021. – 144 с.

ISBN 978-985-880-117-5.

Настоящие Рекомендации являются переработанным и дополненным изданием «Рекомендаций по ведению сельскохозяйственного производства в условиях радиоактивного загрязнения земель Республики Беларусь на 2012–2016 годы». Рекомендации регламентируют порядок ведения сельскохозяйственного производства на загрязненных радионуклидами землях и являются методической основой для производства продуктов питания с содержанием радионуклидов в пределах допустимых уровней.

Рекомендации предназначены для специалистов министерств, ведомств, организаций, осуществляющих сельскохозяйственную деятельность на землях, загрязненных радионуклидами в результате катастрофы на Чернобыльской АЭС, руководителей и специалистов сельского хозяйства, организаторов крупнотоварного агропромышленного производства и личного (фермерского) хозяйства, работников научных и проектных институтов, а также преподавателей, студентов и учащихся высших, средних специальных учебных заведений.

УДК 631.1:[504.5:628.4.047](476)"2021/2025"(083.132)
ББК 40(4Бел)

ISBN 978-985-880-117-5

© Институт почвоведения и агрохимии, 2021
© Оформление. УП «ИВЦ Минфина», 2021

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ	7
1.1. Термины и определения	7
1.2. Область применения	9
1.3. Характеристика защитных мероприятий в сельскохозяйственном производстве	10
2. РАДИАЦИОННАЯ ОБСТАНОВКА И ПЛОДРОДИЕ ПОЧВ НА ТЕРРИТОРИИ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ	12
2.1. Радиоактивное загрязнение сельскохозяйственных земель	12
2.2. Динамика плодородия почв на загрязненных радионуклидами землях	14
3.1. Исходные данные для прогноза	17
3.2. Прогноз загрязнения продукции растениеводства	18
3.3. Прогноз загрязнения продукции животноводства	20
4.1. Подбор и размещение сельскохозяйственных культур	24
4.1.1. Особенности размещения сельскохозяйственных культур на пищевые цели	25
4.1.2. Особенности размещения сельскохозяйственных культур для производства разных видов кормов	28
4.1.3. Особенности размещения сельскохозяйственных культур на технические цели.	32
4.2. Обработка загрязненных радионуклидами почв	32
4.3. Известкование кислых почв пахотных земель	34
4.4. Применение органических удобрений	36
4.5. Применение минеральных удобрений	37
4.6. Применение микроудобрений	41
5. КОРМОПРОИЗВОДСТВО В УСЛОВИЯХ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ	43
5.1. Основные принципы кормопроизводства на загрязненных радионуклидами землях	43
5.2. Полевое кормопроизводство	44
5.3. Луговое кормопроизводство	48

6. ОСОБЕННОСТИ ОВОЩЕВОДСТВА В УСЛОВИЯХ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ.....	60
7. ЖИВОТНОВОДСТВО В УСЛОВИЯХ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ.....	63
7.1. Задачи и основные принципы производства продукции животноводства.....	63
7.2. Производство молока.....	66
7.3. Производство мяса (говядины, свинины, баранины, конины)	70
7.4. Особенности рационов кормления крупного рогатого скота и оптимизация кормовой базы при производстве мяса до 200 Бк/кг по содержанию ¹³⁷ Cs.....	74
7.5. Разведение пород мясного скота	77
7.6. Ведение пчеловодства и звероводства	80
7.7. Прудовое рыбоводство	80
8. ВЕДЕНИЕ ЛИЧНЫХ ПОДСОБНЫХ ХОЗЯЙСТВ.....	81
8.1. Особенности производства продукции растениеводства	81
8.2. Особенности производства продукции животноводства	83
9. ПЕРВИЧНАЯ ПОДГОТОВКА И ПЕРЕРАБОТКА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ.....	86
10. ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ.....	89
10.1. Организация и проведение контроля радиоактивного загрязнения. 89	
10.2. Требования радиационной безопасности в растениеводстве и животноводстве.....	91
10.3. Требования радиационной безопасности при эксплуатации техники.....	92
10.4. Санитарно-гигиенические мероприятия.....	93
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	95

ВВЕДЕНИЕ

По состоянию на 01.01.2020 г. в сельскохозяйственном пользовании находится 848,0 тыс. га земель, загрязненных ^{137}Cs с плотностью 1,0 Ки/км² и выше, в том числе 281,6 тыс. га земель одновременно загрязнены ^{90}Sr с плотностью 0,15 Ки/км² и выше. Долгоживущие изотопы – ^{137}Cs и ^{90}Sr – в течение длительного времени будут определять радиоактивное загрязнение сельскохозяйственной продукции, продуктов питания и уровни дозовых нагрузок на население.

В республике в рамках государственных программ по преодолению последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС применяется система защитных мер в сельскохозяйственном производстве. Данная система включает комплекс научно обоснованных организационных, агротехнических, агрохимических, зооветеринарных и технологических мероприятий, направленных на снижение содержания нормируемых радионуклидов в растениеводческой и животноводческой продукции, получаемой в общественном производстве и личных подсобных хозяйствах.

За послеаварийный период в результате системной реализации защитных мер, а также естественного распада, сорбции и миграции радионуклидов в почве, поступление их в пищевые цепи существенно снизилось. Позитивная динамика радиационной обстановки определяет необходимость совершенствования стратегии ведения сельскохозяйственного производства и защитных мероприятий в условиях радиоактивного загрязнения. Снижение доз облучения населения, связанных с потреблением пищевых продуктов, содержащих радионуклиды (внутреннее облучение), может достигаться меньшими экономическими затратами. Система использования загрязненных радионуклидами земель должна обеспечивать не только минимальное накопление радионуклидов в растениеводческой и животноводческой продукции, исключение производства продукции и продуктов питания, не соответствующих санитарно-гигиеническим нормативам по содержанию радионуклидов, но также самокупаемость произведенной продукции.

В настоящих Рекомендациях нашли отражение результаты исследований научных учреждений и организаций аграрного профиля, выполненные за последние годы в рамках Государственной программы по

6. ОСОБЕННОСТИ ОВОЩЕВОДСТВА В УСЛОВИЯХ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ.....	60
7. ЖИВОТНОВОДСТВО В УСЛОВИЯХ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ.....	63
7.1. Задачи и основные принципы производства продукции животноводства.....	63
7.2. Производство молока.....	66
7.3. Производство мяса (говядины, свинины, баранины, конины)	70
7.4. Особенности рационов кормления крупного рогатого скота и оптимизация кормовой базы при производстве мяса до 200 Бк/кг по содержанию ^{137}Cs	74
7.5. Разведение пород мясного скота	77
7.6. Ведение пчеловодства и звероводства	80
7.7. Прудовое рыбководство	80
8. ВЕДЕНИЕ ЛИЧНЫХ ПОДСОБНЫХ ХОЗЯЙСТВ.....	81
8.1. Особенности производства продукции растениеводства	81
8.2. Особенности производства продукции животноводства	83
9. ПЕРВИЧНАЯ ПОДГОТОВКА И ПЕРЕРАБОТКА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ.....	86
10. ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ.....	89
10.1. Организация и проведение контроля радиоактивного загрязнения.	89
10.2. Требования радиационной безопасности в растениеводстве и животноводстве.....	91
10.3. Требования радиационной безопасности при эксплуатации техники.....	92
10.4. Санитарно-гигиенические мероприятия.....	93
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	95

ВВЕДЕНИЕ

По состоянию на 01.01.2020 г. в сельскохозяйственном пользовании находится 848,0 тыс. га земель, загрязненных ^{137}Cs с плотностью 1,0 Ки/км² и выше, в том числе 281,6 тыс. га земель одновременно загрязнены ^{90}Sr с плотностью 0,15 Ки/км² и выше. Долгоживущие изотопы – ^{137}Cs и ^{90}Sr – в течение длительного времени будут определять радиоактивное загрязнение сельскохозяйственной продукции, продуктов питания и уровни дозовых нагрузок на население.

В республике в рамках государственных программ по преодолению последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС применяется система защитных мер в сельскохозяйственном производстве. Данная система включает комплекс научно обоснованных организационных, агротехнических, агрохимических, зооветеринарных и технологических мероприятий, направленных на снижение содержания нормируемых радионуклидов в растениеводческой и животноводческой продукции, получаемой в общественном производстве и личных подсобных хозяйствах.

За послеаварийный период в результате системной реализации защитных мер, а также естественного распада, сорбции и миграции радионуклидов в почве, поступление их в пищевые цепи существенно снизилось. Позитивная динамика радиационной обстановки определяет необходимость совершенствования стратегии ведения сельскохозяйственного производства и защитных мероприятий в условиях радиоактивного загрязнения. Снижение доз облучения населения, связанных с потреблением пищевых продуктов, содержащих радионуклиды (внутреннее облучение), может достигаться меньшими экономическими затратами. Система использования загрязненных радионуклидами земель должна обеспечивать не только минимальное накопление радионуклидов в растениеводческой и животноводческой продукции, исключение производства продукции и продуктов питания, не соответствующих санитарно-гигиеническим нормативам по содержанию радионуклидов, но также самокупаемость произведенной продукции.

В настоящих Рекомендациях нашли отражение результаты исследований научных учреждений и организаций аграрного профиля, выполненные за последние годы в рамках Государственной программы по

преодолению последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС на 2011–2015 гг. и на период до 2020 года. Приведен анализ современного состояния радиоактивного загрязнения и плодородия почв сельскохозяйственных земель. Изложена методология прогноза радиоактивного загрязнения растениеводческой и животноводческой продукции. Уточнены коэффициенты перехода ^{137}Cs и ^{90}Sr из почвы в растениеводческую продукцию с расширением перечня сельскохозяйственных культур. Приведены принципы и агротехнологические особенности растениеводства и животноводства, ведения личных подсобных хозяйств в условиях радиоактивного загрязнения. Изложены современные требования радиационной безопасности в сельскохозяйственном производстве.

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Термины и определения

Активность – мера количества радиоактивного вещества, которая выражается числом радиоактивных превращений в единицу времени. В системе единиц СИ за единицу активности принято одно ядерное превращение в секунду (распад/с), которое называется беккерель (Бк). Применяются понятия удельной активности (Бк/кг), объемной активности (Бк/м³), молярной активности (Бк/моль) и поверхностной активности (Бк/м²) источников.

Бк/сутки – единица поступления радионуклида в организм животного с кормовым рационом.

Внутреннее облучение – облучение тела от находящихся внутри него источников ионизирующего излучения, обычно поступающих с пищевыми продуктами, пылью при дыхании.

Доза – количество энергии, которое поглощено единицей массы облучаемого вещества; используется для оценки воздействия ионизирующего излучения на живые организмы и их ткани.

Загрязнение радиоактивное – присутствие радиоактивных веществ на поверхности и (или) внутри объектов контроля радиоактивного загрязнения, в организме человека или в другом месте в количестве, превышающем уровни, установленные нормами и правилами по обеспечению радиационной безопасности.

Защитные мероприятия в сельском хозяйстве – комплекс специальных мероприятий (организационных, агротехнических, агрохимических, зооветеринарных, технологических, санитарно-гигиенических, информационных), предпринимаемых с целью снижения радиоактивного загрязнения сельскохозяйственной продукции.

Зиверт (Зв) – единица эквивалентной и эффективной дозы в системе СИ.

Кюри (Ки) – внесистемная единица радиоактивности, соответствует $3,7 \times 10^{10}$ Бк.

Коэффициенты перехода (Кп) – отношение удельной активности радионуклида в растительном образце (Бк/кг) к плотности загрязнения почв (кБк/м²).

КРС – крупный рогатый скот.

Луговые земли – сельскохозяйственные земли, используемые преимущественно для возделывания луговых многолетних трав, земли, на которых создан искусственный травостой или проведены мероприятия по улучшению естественного травостоя (улучшенные земли), а также земли, покрытые естественными луговыми травостоями (естественные луговые земли).

МУ – максимальные уровни содержания радионуклидов в кормах.

Пахотные земли – сельскохозяйственные земли, систематически обрабатываемые (перепашиваемые) и используемые под посевы сельскохозяйственных культур, включая посевы многолетних трав со сроком пользования, предусмотренным схемой севооборота, а также выводные поля, участки закрытого грунта (парники, теплицы и оранжереи) и чистые пары.

Правила (схема) контроля радиоактивного загрязнения – документ, определяющий порядок осуществления контроля радиоактивного загрязнения; для производителей продукции является составной частью программы (плана) производственного контроля.

Производственный контроль – обеспечиваемый производителем продукции контроль за соблюдением требований санитарно-эпидемиологического законодательства и выполнением санитарно-эпидемических и профилактических мероприятий, направленный на сохранение жизни и здоровья людей, среды обитания при производстве продукции.

Радиоактивность – самопроизвольное превращение (распад) атомных ядер некоторых химических элементов, которое сопровождается испусканием одной или нескольких заряженных частиц или электромагнитного излучения, и приводит к изменению их номера и массового числа, такие элементы называются радиоактивными.

Радионуклид – радиоактивный атом с данным атомным номером и массовым числом (^{137}Cs , ^{90}Sr и др.).

Радиационный контроль – получение информации о радиационной обстановке в организации, в окружающей среде и об уровнях облучения людей (включает в себя дозиметрический и радиометрический контроль).

Радиационный мониторинг – система длительных регулярных наблюдений, оценки и прогноза радиационной обстановки.

Сельскохозяйственные земли – земли, систематически используемые для получения сельскохозяйственной продукции и включающие в себя пахотные земли, залежные земли, земли под постоянными культурами и луговые земли.

Стронций (Sr) – щелочноземельный элемент второй группы периодической системы элементов; его метаболическое поведение похоже на поведение других элементов второй группы – кальция и радия; изотоп стронций-90 – это первичный продукт деления с периодом полураспада 28,8 года.

Ферроцин – калий-железо гексацианоферрат ($KFe[Fe(CN)_6]$).

Цезий (Cs) – щелочной элемент первой группы периодической системы элементов; обладает свойствами, близкими к свойствам калия и рубидия; изотоп цезий-137 – это первичный продукт деления с периодом полураспада 30 лет.

1.2. Область применения

Настоящие Рекомендации по ведению сельскохозяйственного производства на территории радиоактивного загрязнения Республики Беларусь на 2021–2025 годы (*далее – рекомендации*) предназначены для министерств, ведомств, руководителей и специалистов предприятий и организаций, осуществляющих сельскохозяйственную деятельность на землях, загрязненных радионуклидами в результате катастрофы на Чернобыльской АЭС, организаторов крупнотоварного агропромышленного производства и личного (фермерского) хозяйства, работников научных и проектных институтов, а также преподавателей, студентов и учащихся высших, средних специальных учебных заведений.

Хозяйственную деятельность на территории радиоактивного загрязнения регламентируют следующие нормативные правовые и технические нормативные правовые акты Республики Беларусь, международные стандарты безопасности:

– Закон Республики Беларусь от 26 мая 2012 г. №385-З «О правовом режиме территорий, подвергшихся радиоактивному загрязнению в результате катастрофы на Чернобыльской АЭС».

– Закон Республики Беларусь от 18 июня 2019 г. № 198-З «О радиационной безопасности».

– Закон Республики Беларусь от 6 января 2009 г. №9-З «О социальной защите граждан, пострадавших от катастрофы на Чернобыльской АЭС, других радиационных аварий».

– Закон Республики Беларусь от 7 января 2012 г. №340-З «О санитарно-эпидемическом благополучии населения».

– Гигиенические нормативы ГН 10–117–99 «Республиканские допустимые уровни содержания радионуклидов цезия-137 и стронция-90 в пищевых продуктах и питьевой воде (РДУ–99) (приложение 1).

– Республиканские допустимые уровни содержания цезия-137 и стронция-90 в сельскохозяйственном сырье и кормах (приложение 2).

– Республиканские допустимые уровни содержания цезия-137 и стронция-90 в различных видах кормов для получения разных видов конечной продукции (приложение 3).

– Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции», утвержденный решением Комиссии Таможенного союза от 9 декабря 2011 г. № 880 (приложение 4).

– Допустимые уровни содержания цезия-137 и стронция-90 в кормах, кормовых добавках и сырье для производства комбикормов (приложение 5).

Рекомендации регламентируют порядок ведения сельскохозяйственного производства на загрязненных радионуклидами сельскохозяйственных землях и являются методической основой для производства продуктов питания, сырья для них и кормов с содержанием радионуклидов в пределах республиканских допустимых уровней и международных стандартов.

1.3. Характеристика защитных мероприятий в сельскохозяйственном производстве

Для получения сельскохозяйственной продукции с допустимым содержанием радионуклидов и обеспечения радиационной безопасности людей, работающих на загрязненных радионуклидами землях, проводятся защитные мероприятия, которые подразделяются на следующие группы: организационные, агротехнические, агрохимические, зооветеринарные, технологические, санитарно-гигиенические, информационные.

Организационные защитные меры включают: обследование и инвентаризацию земель по плотности радиоактивного загрязнения и их картирование; прогноз содержания радионуклидов в сельскохозяйственной продукции; исключение земель из сельскохозяйственного пользования; изменение отраслевой специализации хозяйств; оптимизацию землепользования, структуры посевов и севооборотов на основе подбора сельскохозяйственных культур; организацию радиационного контроля продукции.

Агротехнические защитные меры включают: коренное и поверхностное улучшение сенокосов и пастбищ; гидромелиорацию (осушение и оптимизация водного режима); противоэрозионные мероприятия для предотвращения вторичного загрязнения.

Агрохимические защитные меры включают: известкование кислых почв; внесение органических удобрений; внесение повышенных доз фосфорных и калийных удобрений; оптимизацию азотного питания растений; применение микроудобрений; использование средств защиты растений.

Зооветеринарные защитные меры включают: специальную систему кормления животных; двухстадийный откорм животных перед отправкой на мясокомбинат; применение сорбирующих препаратов; отдельный выпас скота для производства молока цельного и молока-сырья.

Технологические защитные меры включают: первичную промывку и очистку продукции; предварительную технологическую обработку продукции; глубокую технологическую переработку продукции.

Санитарно-гигиенические защитные меры включают: соблюдение санитарно-гигиенических и других требований, установленных действующим в республике законодательством; обеспечение дополнительным комплектом спецодежды.

Информационные защитные меры включают: информирование населения, заинтересованных министерств и ведомств о результатах радиационного контроля и эффективности проводимых защитных мероприятий; подготовку и повышение квалификации специалистов сельского хозяйства.

2. РАДИАЦИОННАЯ ОБСТАНОВКА И ПЛОДОРОДИЕ ПОЧВ НА ТЕРРИТОРИИ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

2.1. Радиоактивное загрязнение сельскохозяйственных земель

За длительный послеаварийный период радиационная обстановка на сельскохозяйственных землях значительно улучшилась. Произошел распад короткоживущих радионуклидов. Концентрация долгоживущих радионуклидов (^{137}Cs и ^{90}Sr) в почве снизилась более чем на 50 % по причине естественного распада. Наблюдается постепенное уменьшение площади используемых земель с контролируемой минимальной плотностью загрязнения ^{137}Cs более 1,0 Ки/км² и ^{90}Sr более 0,15 Ки/км² вследствие естественного распада радионуклидов и перехода части земель в категорию незагрязненных.

В категорию незагрязненных перешло около 630 тыс. га, или около 45 % земель, ранее загрязненных ^{137}Cs . По состоянию на 01.01.2020 г. сельскохозяйственное производство ведется на 848,0 тыс. га земель, загрязненных ^{137}Cs с плотностью 1–40 Ки/км², в том числе 566,1 тыс. га пахотных и 281,9 тыс. га луговых земель.

Основные массивы сельскохозяйственных земель, загрязненных ^{137}Cs , сосредоточены в Гомельской (42,5 % общей площади) и Могилевской (22,8 %) областях. В Брестской, Гродненской и Минской областях доля загрязненных земель невелика и составляет 3,1 %, 1,4 и 2,5 % соответственно.

За послеаварийный период площадь земель, загрязненных ^{90}Sr , уменьшилась примерно на 300 тыс. га. По состоянию на 01.01.2020 г. сельскохозяйственное производство ведется на 281,6 тыс. га с плотностью более 0,15 Ки/км², в том числе 182,0 тыс. га пахотных и 99,6 тыс. га луговых земель. По областям Беларуси из общей площади земель, загрязненных ^{90}Sr , более 270,8 тыс. га сосредоточены в Гомельской области. Здесь доля загрязненных пахотных и луговых земель составляет 22,6 % от общей площади используемых сельскохозяйственных земель. В Могилевской области доля загрязненных ^{90}Sr земель незначительна – около 1,0 %.

В настоящее время преобладающая часть радионуклидов, выпавших на почву, находится в ее верхних слоях. Миграция ^{137}Cs и ^{90}Sr

вглубь происходит очень медленно. Средняя скорость такой миграции составляет 0,3–0,5 см/год, поэтому угрозы водоносным горизонтам практически нет. Скорость миграции ^{90}Sr несколько выше, чем ^{137}Cs . Темпы миграции увеличиваются с возрастанием степени увлажнения почв. На необрабатываемых землях основное количество ^{137}Cs (70–85 % от его валового содержания) и ^{90}Sr (58–61 %) сконцентрировано в 0–5 см корнеобитаемом слое. В обрабатываемых дерново-подзолистых супесчаных почвах около 90 % валового запаса ^{137}Cs и 75 % ^{90}Sr находится в пахотном 0–25 см слое. Наибольший переход радионуклидов из почвы в растения отмечается на минеральных песчаных и торфяно-болотных почвах в естественных условиях, наименьший – на окультуренных землях. В целом основные количества ^{137}Cs и ^{90}Sr находятся в корнеобитаемом слое и интенсивно включаются в биологический круговорот.

На поступление радионуклидов в растения существенно влияют формы их соединений в почве. Различают четыре такие формы: водорастворимая, обменная (растворимая в лабораторных условиях ацетатом аммония), подвижная (растворимая слабым раствором соляной кислоты), неподвижная (связанная или фиксированная). Если радионуклиды находятся в одной из первых трех указанных форм, то возможен их переход в растения.

В дерново-подзолистых суглинистых почвах с высоким содержанием глинистых частиц за послеаварийный период доля доступных для растений форм ^{137}Cs значительно уменьшилась по сравнению с 1986 годом и не превышает 5 %. Основная доля радионуклида находится в связанной форме, в том числе внедренной в кристаллическую решетку глинистых минералов. В дерново-подзолистых супесчаных и песчаных почвах доля доступных растениям форм находится в пределах 10–20 %. Примерно столько же содержится доступных форм его в торфяно-болотных почвах. Удельный вес доступного ^{90}Sr , наоборот, возрастал и достигает 70 % в дерново-подзолистых почвах и 50 % – в торфяно-болотных почвах.

Поступление радионуклидов в растения существенно зависит от гранулометрического состава почв. На песчаных почвах оно вдвое выше, чем на суглинистых почвах. Значительное влияние на накопление радионуклидов в сельскохозяйственных культурах оказывает

режим увлажнения почв. На переувлажненных почвах легкого гранулометрического состава, преобладающих в Полесье, высокая степень загрязнения травяных кормов наблюдается даже при относительно низких плотностях радиоактивного загрязнения. Особенно высокими переходами радионуклидов в растения характеризуются торфяные почвы. При одинаковой плотности загрязнения поступление ^{137}Cs в растения на торфяных почвах в 4–10 раз выше, чем на минеральных. Это осложняет получение растениеводческой и животноводческой продукции с содержанием радионуклидов в пределах допустимых уровней.

2.2. Динамика плодородия почв на загрязненных радионуклидами землях

Агрохимические свойства, определяющие потенциал плодородия почв, оказывают сильное влияние на накопление радионуклидов всеми сельскохозяйственными культурами. При повышении содержания гумуса в дерново-подзолистых супесчаных почвах от 1,0 до 3,5 % переход ^{137}Cs и ^{90}Sr в растения снижается до 2,0–2,5 раз. По мере повышения содержания в почве обменных форм калия от низкого (менее 100 мг/кг) до оптимального (200–300 мг/кг) и изменения реакции почв от кислого интервала (pH_{KCl} 4,5–5,0) к нейтральному (pH_{KCl} 6,5–7,0) – переход радионуклидов в продукцию уменьшается от 3 до 10 раз.

Радиологическая и экономическая эффективность защитных мер закономерно повышается по мере снижения исходных агрохимических параметров от оптимальных диапазонов, установленных в полевых опытах. Поэтому внесение известковых мелиорантов на почвах с показателем pH выше оптимального уровня недопустимо, так как может привести к снижению качества продукции за счет уменьшения доступности растениям микроэлементов (Mn, Cu, Zn). Внесение повышенных доз калийных и фосфорных удобрений на почвах с высоким содержанием подвижных форм этих элементов не окупается прибавкой урожайности и только повышает себестоимость сельскохозяйственной продукции. При оценке эффективности агрохимических защитных мер необходимо учитывать изменение показателей плодородия почв в сопоставлении с оптимальными параметрами.

Динамика доли почв с оптимальными агрохимическими параметрами в процентах от соответствующей общей площади пахотных земель или улучшенных сенокосов и пастбищ является важным критерием эффективности защитных мер. Оценка по этому критерию может проводиться один раз в четыре года путем сравнения результатов двух туров агрохимического обследования по хозяйствам и районам.

Почвы, загрязненных радионуклидами сельскохозяйственных земель, характеризуются различным плодородием и особенно отличаются по областям по содержанию гумуса, подвижных форм фосфора и калия (приложение 6). При возделывании культур на почвах с низким содержанием элементов питания переход радионуклидов в растения выше, чем на хорошо обеспеченных почвах. Поэтому важно поддерживать оптимальные показатели плодородия почв на загрязненных радионуклидами землях. Благодаря применению защитных мероприятий на загрязненных землях за послеаварийный период произошло существенное улучшение основных показателей агрохимических свойств почв.

Систематическое известкование существенно улучшает реакцию почв. Доля пахотных земель с благоприятной реакцией ($\text{pH} > 5,5$) различается от 66,7 % в Гродненской до 75,4 % в Гомельской областях (приложение 7).

Известкование кислых почв, загрязнённых радионуклидами, финансировалось по потребности в рамках Государственной программы по преодолению последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС на 2011–2015 гг. и на период до 2020 г. Однако в последние годы наблюдается некоторое их подкисление. В целом по республике доля сильно- и среднекислых ($\text{pH} < 5,0$) почв составляет 8,6 % на пашне и 8,2 % на луговых землях.

Загрязненные радионуклидами почвы пахотных земель характеризуются низким содержанием гумуса (< 2 %) на 38 % площади (приложение 8). Необходимо использовать все имеющиеся источники обогащения почв органическим веществом: навоз, компосты, солому, зеленые удобрения. При недостатке органических удобрений для достижения положительного баланса гумуса в почве необходимо расширение доли многолетних бобовых трав и бобово-злаковых травосмесей, оптимизация соотношения площадей многолетних трав и пропашных культур.

Почвы сенокосов и пастбищ характеризуются сравнительно более высоким содержанием гумуса, которое в целом по Беларуси стабилизировалось за последние годы на уровне 2,71 %, а в Гомельской области – 2,81 %. Доля луговых почв с низким (< 2 %) содержанием гумуса составляет 16,3 %. Систематическое обновление дернины (перезалужение) сенокосов и пастбищ в комплексе со сбалансированным минеральным удобрением позволит поддерживать бездефицитный баланс гумуса и постепенно повышать плодородие почв.

Дополнительные дозы фосфорных и калийных удобрений на загрязненных землях вносили совместно с основными дозами, рассчитанными на формирование запланированной урожайности сельскохозяйственных культур. Следовательно, дополнительное внесение фосфора и калия предназначалось для ускоренного повышения содержания этих элементов в почве. Всего за послеаварийный период на загрязненные земли внесено 3,0 млн т K_2O и 1,1 млн т P_2O_5 , что позволило снизить концентрацию радионуклидов в продукции, создать фундамент плодородия почв, гарантирующий производство нормативно чистой продукции и продуктов питания на перспективу.

Среднее содержание подвижных форм фосфора в загрязненных пахотных почвах Беларуси за послеаварийный период повысилось до 212 мг/кг почвы, в Гомельской области этот показатель составил 231 мг/кг почвы, калия – 233 и 234 мг/кг почвы соответственно. На основных массивах загрязненных пахотных земель содержание подвижных форм фосфора и калия в почвах на 10–20 % выше, чем на незагрязненных землях.

В целом по республике доля загрязненных радионуклидами пахотных земель с оптимальным и высоким содержанием подвижного фосфора в почве составила 64,3 %, подвижного калия – 56,2 %. Распределения почв по группам обеспеченности фосфором и калием различаются по областям и районам, и это необходимо учитывать с целью эффективного проведения защитных мер. Несмотря на большой объем проведенных защитных мероприятий требуется улучшить фосфатный и калийный режимы на половине площади луговых земель и 30 % пашни (приложения 9 и 10).

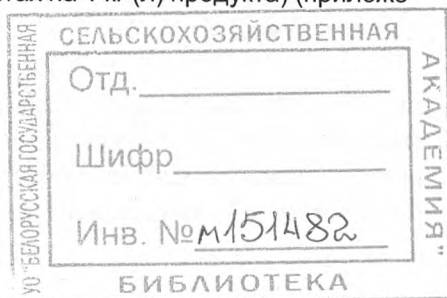
3. ПРОГНОЗ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ

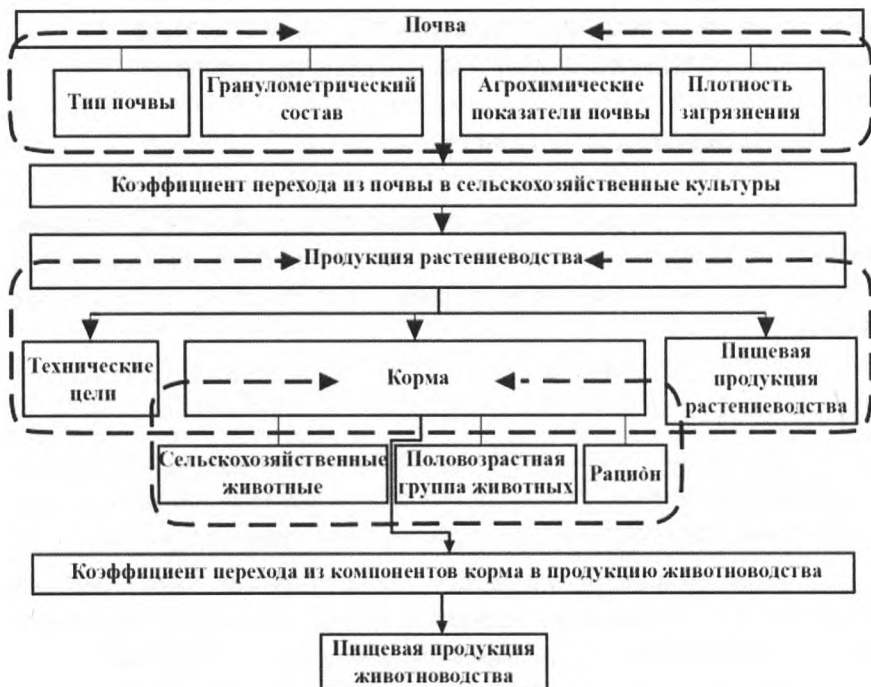
3.1. Исходные данные для прогноза

Накопление радионуклидов сельскохозяйственными культурами зависит от плотности загрязнения почв, типа, гранулометрического состава, агрохимических свойств почв, биологических особенностей культур.

Прогноз удельной активности ^{137}Cs и ^{90}Sr в сельскохозяйственной продукции строится на основе следующей исходной информации:

- средняя плотность загрязнения элементарных участков сельскохозяйственных земель ^{137}Cs и ^{90}Sr (Ки/км²), 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 (Бк/кг:кБк/м²) радионуклидов в основную и побочную продукцию сельскохозяйственных культур (приложения 11–18);
- перечень сельскохозяйственных культур для возделывания на продовольственные, технические цели, на переработку, сырье, 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 процентах на 1 кг (л) продукта) (приложение 19).





3.2. Прогноз загрязнения продукции растениеводства

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, $Ки/км^2$; $Кп$ – коэффициент перехода радионуклида из почвы в сельскохозяйственные культуры, $(Бк/кг:кБк/м^2)$; 37 – коэффициент пересчета в Бк.

Пример расчета. Необходимо построить прогноз удельной активности ^{90}Sr в зеленой массе многолетних злаково-бобовых трав, возделываемых на дерново-подзолистой супесчаной почве. Плотность загрязнения почвы ^{90}Sr , по данным последнего тура радиологического обследования сельскохозяйственных земель, составляет $0,39 \text{ Ки/км}^2$, величина обменной кислотности почвы – 5,2. Значение коэффициента перехода ^{90}Sr в зеленую массу многолетних злаково-бобовых трав при указанной величине обменной кислотности – $3,4 \text{ Бк/кг:кБк/м}^2$. Следовательно, прогнозируемое среднее загрязнение зеленой массы многолетних злаково-бобовых трав составит: $0,39 \times 3,4 \times 37 = 49 \text{ Бк/кг}$.

Возделывание сельскохозяйственных культур в соответствии с законодательством Республики Беларусь разрешено на землях с плотностью загрязнения почв ^{137}Cs до 1480 кБк/м^2 (до 40 Ки/км^2) и ^{90}Sr – до 111 кБк/м^2 (до $3,0 \text{ Ки/км}^2$). С целью оптимизации размещения сельскохозяйственных культур по полям и рабочим участкам на загрязненных радионуклидами землях проводится оценка их радиологической пригодности на основе определения предельно допустимой плотности загрязнения почвы ^{137}Cs или ^{90}Sr .

На основании коэффициентов перехода радионуклидов в растениеводческую продукцию определяется допустимая плотность загрязнения почвы (ДП_Π) при возделывании сельскохозяйственной культуры для получения продукции, отвечающей республиканским допустимым уровням (РДУ) и допустимым уровням, принятым в рамках Таможенного союза (ДУ ТС). Расчеты проводились по формуле:

$$\text{ДП}_\Pi = \frac{\text{ДУ}}{K_\Pi * 37},$$

где, ДП_Π – допустимая плотность загрязнения почвы радионуклидом, Ки/км^2 , ДУ – республиканский допустимый уровень или допустимый уровень в рамках Таможенного союза содержания радионуклида в продукции, Бк/кг , л, K_Π – коэффициент перехода радионуклида из почвы в растениеводческую продукцию, Бк/кг:кБк/м^2 , 37 – коэффициент пересчета нКи/кг в Бк/кг .

3.3. Прогноз загрязнения продукции животноводства

Переход радионуклидов из кормов в продукцию животноводства зависит от уровня и полноценности кормления животных, сбалансированности рационов кормления 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.

С увеличением содержания клетчатки в рационе с 1,5 до 3,6 кг/сутки отмечается уменьшение коэффициента перехода ^{137}Cs в молоко ($\text{Кп (\%)} = \text{Бк/л} : \text{Бк/рацион}$) с 0,9 до 0,3. Аналогичная закономерность наблюдается для содержания ^{90}Sr в молоке коров – при увеличении содержания сырой клетчатки в рационах со злаковыми травами с 4,8 до 5,7 кг коэффициенты перехода его в молоко снижаются в 1,8 раза. При несбалансированных рационах в стойловый период наблюдается повышение перехода из рациона в молоко коров ^{137}Cs до 1,1 % и ^{90}Sr 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 ^{137}Cs и ^{90}Sr в суточном рационе и отдельных видах кормов. При расчетах принимаются две величины – общее суточное поступление (кБк/сутки ^{137}Cs и ^{90}Sr) и содержание их в отдельных компонентах рациона.

Для нормирования содержания радионуклидов в кормах используются два подхода. Первый, упрощенный подход, не учитывает реальные структуры рационов, используемые в хозяйствах. Основу расчета составляет предположение, что каждый вид корма можно рассматривать как монокорм, то есть кормление животных проводится только данным видом корма. ПДУ радионуклидов в рассматриваемом корме рассчитывается по формуле:

$$ПДУ_k = ПДС_{рац} / M_k,$$

где $ПДС_{рац}$ – предельно допустимое содержание радионуклида в рационе, Бк/сутки; M_k – предельно возможная масса корма в рационе, кг/сутки.

Второй подход нормирования содержания радионуклидов в кормах учитывает несколько показателей: установленные допустимые уровни содержания радионуклидов в продуктах животноводства (молоко, мясо), коэффициенты перехода радионуклидов в звене почва – растение или корм – молоко, предел допустимого содержания радионуклидов в рационе крупного рогатого скота. Отправной точкой в данном случае является коэффициент перехода радионуклида из рациона в молоко, который рассчитывается как отношение содержания радионуклида в молоке (Бк/кг) к его содержанию в суточном рационе (Бк/сутки):

$$K_n = (A_{мол} : A_{рац}) \cdot 100,$$

где $A_{мол}$ – активность радионуклида в молоке; $A_{рац}$ – активность радионуклида в суточном рационе.

Согласно требованиям РДУ-99 содержание ^{137}Cs в молоке и цельномолочной продукции не должно превышать 100 Бк/л, ^{90}Sr – 3,7 Бк/л. В Республике Беларусь принято консервативное значение коэффициента перехода ^{137}Cs равное 1 %, ^{90}Sr – 0,14 %. Приняв эти значения за основу, рассчитывается ПДУ радионуклидов в рационе КРС. По соотношению:

$$ПДУ = РДУ \cdot 100 / K_n.$$

То есть ПДУ равен 10 000 Бк/рацион (10 кБк/рацион для производства молока). Предельно допустимое содержание ^{90}Sr в суточном рационе КРС для производства молока, рассчитанное таким же образом, составляет 2,6 кБк/рацион. Для расчета вклада каждого компонента рациона в его суммарную активность (10 кБк/сутки) необходимо провести расчет ПДУ радионуклидов в основных компонентах рациона. Основой для расчета ПДУ радионуклида являются значения K_n в звене почва–корм и количество потребляемого корма в сутки (кг). В общем виде расчет ПДУ для конкретного вида корма можно записать в виде уравнения:

$$ПДУ_k = КП_k \cdot (ПДС_p : m_p \sum КП_k \cdot a_i),$$

где $ПДУ_k$ – предельно допустимый уровень содержания радионуклида в искомом компоненте рациона, Бк/кг; $КП_k$ – коэффициент перехода радионуклида из почвы в искомый компонент рациона (Бк/кг:кБк/м²); $ПДС_p$ – предельно допустимое содержание радионуклида в рационе (10 кБк/сутки для ¹³⁷Cs, 2,6 кБк/сутки для ⁹⁰Sr); m_p – масса рациона, кг; m_i – масса i-корма в рационе, кг; $a_i = m_i / m_p$, при $\sum a_i = 1$, где a_i – доля i-корма в рационе.

Значения ПДУ содержания радионуклидов в кормах значительно различаются в зависимости от типа рациона.

Пример расчета. ПДУ ¹³⁷Cs в кормах для рациона №1 (силосный). Используемые значения КП (в пересчете на Бк/кг:кБк/м²) из почвы в кормовые культуры, входящие в данный рацион: сено (многолетние злаковые травы) – 0,58, солома ячменная – 0,05, силос кукурузный – 0,057, корнеплоды (свекла) – 0,027, концентраты (из ячменя) – 0,037. Подставив данные значения в уравнение, получаем значения ПДУ для: сена = 1310 Бк/кг, соломы = 113 Бк/кг, силоса = 128 Бк/кг, концентратов = 83 Бк/кг. Аналогичным образом проводятся расчеты ПДУ ⁹⁰Sr в кормах.

Для расчета ПДУ содержания радионуклидов в рационах сельскохозяйственных животных необходимы допустимые уровни содержания радионуклидов в продукции животноводства (молоко, мясо) и значения коэффициентов перехода радионуклидов, определяемых как отношение концентрации радионуклида в продукции (Бк/кг) к суммарному содержанию радионуклида в суточном рационе (Бк/сутки) животного. КП часто выражают в процентах, при этом 1 % соответствует 0,01 (Бк/кг)/(Бк/сутки).

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

Использование на территории радиоактивного загрязнения рационов продуктивных животных (лактлирующие коровы и скот на откорме), различающихся по содержанию отдельных видов кормов, требует нормирования содержания радионуклидов в кормах для каждого типа рациона и каждой группы животных (приложение 20).

Для расчета вклада каждого вида корма в суммарную активность рациона необходим расчет предельных уровней (ПУ) содержания радионуклидов в основных компонентах рациона. Основой для расчета предельных уровней содержания радионуклида в кормах являются значения коэффициентов перехода радионуклидов из почвы в различные виды кормов. Расчет ПУ содержания радионуклида для конкретного вида корма производится по формуле:

$$ПУ_k = K_{п_k} \cdot \frac{ПДС_{рац}}{\sum (K_{п_k} \cdot m_i)},$$

где $ПУ_k$ – предельный уровень содержания радионуклида в рассматриваемом виде корма, Бк/кг; $K_{п_k}$ – взвешенный коэффициент перехода радионуклида из почвы в данный вид корма (приложения 11–18); содержание радионуклида в рационе; m_i – масса i -корма в рационе, кг.

В приложении 20 приведены предельные уровни загрязнения рационов основных групп КРС. Расчеты выполнены для получения мяса с содержанием ^{137}Cs до 200 Бк/кг.

При составлении рационов кормления, исходя из имеющихся в хозяйствах кормов с известным содержанием радионуклидов, необходимо руководствоваться информацией, представленной в приложении 21.

Рассматриваемые различные варианты рационов кормления КРС всех половозрастных групп позволяют провести ранжирование основных видов кормов по степени радиоактивного загрязнения и возможности их использования. В приложении 21 представлены предельно допустимые уровни содержания ^{137}Cs в кормах трех типов рационов для различных половозрастных групп животных, соблюдение рекомендаций позволяет получать молоко в пределах 100 Бк/кг, мясо – 200 Бк/кг.

4. РАСТЕНИЕВОДСТВО НА ЗАГРЯЗНЕННЫХ РАДИОНУКЛИДАМИ ЗЕМЛЯХ

4.1. Подбор и размещение сельскохозяйственных культур

На загрязненных радионуклидами землях растениеводство должно осуществляться с обязательным соблюдением требований технологических регламентов возделывания культур, которые представлены в нормативном документе *«Организационно-технологические нормативы возделывания сельскохозяйственных культур. Сборник отраслевых регламентов»*.

Комплекс технологических приемов возделывания сельскохозяйственных культур включает размещение их по лучшим предшественникам, соблюдение сроков выполнения технологических операций, систему обработки почв и применения удобрений, подбор высокоурожайных сортов и т. п.

Технологии возделывания сельскохозяйственных культур на загрязненных радионуклидами землях должны, с одной стороны, обеспечивать производство продукции с содержанием радионуклидов, соответствующим санитарно-гигиеническим нормативам, а с другой – повышение почвенного плодородия и получение высоких урожаев.

Подбор культур в зависимости от величины перехода радионуклидов в урожай является эффективным и широкодоступным приемом получения растениеводческой и животноводческой продукции в пределах допустимых республиканских уровней.

По величине накопления радионуклидов на единицу сухого вещества при одинаковой плотности загрязнения почв сельскохозяйственные культуры ранжированы в порядке убывания.

Убывающий ряд культур по накоплению ^{137}Cs :

– в зерне: люпин > горох > вика > рапс > овес > просо > ячмень > пшеница > озимая рожь;

– в соломе: овес > ячмень > яровая пшеница > озимая пшеница > озимая рожь;

– в зеленой массе, корнеплодах, клубнях: многолетние злаковые травы > люпин > рапс > многолетние бобово-злаковые смеси > клевер >

горох > горохо-овсяная смесь > вико-овсяная смесь > кукуруза > картофель > кормовая свекла;

– в сене многолетних злаковых трав: костер безостый > тимopheвка > мятлик луговой > ежа сборная > овсяница > райграс пастбищный;

– в естественных ценозах: осоковые > осоково-злаковые > злаковые.

Убывающий ряд культур по накоплению ^{90}Sr :

– в зерне: яровой рапс > люпин > горох > вика > ячмень > яровая пшеница > овес > озимая пшеница > озимая рожь;

– в соломе: ячмень > яровая пшеница > озимая пшеница > овес > озимая рожь;

– в зеленой массе, корнеплодах и клубнях: 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 > кормовая свекла > картофель;

– в травах: разнотравье > осоки > мятлик луговой > ежа сборная.

4.1.1. Особенности размещения сельскохозяйственных культур на пищевые цели. В условиях радиоактивного загрязнения сельскохозяйственных земель наиболее жестко нормируются по содержанию радионуклидов сельскохозяйственные культуры на пищевые цели: зерновые (озимая рожь, озимая пшеница, ячмень, яровая пшеница, овес), зернобобовые (горох), картофель.

Для гарантированного получения продовольственной продукции с минимальным содержанием ^{137}Cs и ^{90}Sr сельскохозяйственные культуры необходимо размещать на хорошо окультуренных дерново-подзолистых суглинистых, дерново-подзолистых связно- и рыхлосупесчаных почвах, подстилаемых мореным суглинком, с повышенным содержанием гумуса (> 2 %), подвижных форм фосфора и калия (200–300 мг/кг), близкой к нейтральной реакцией (pH_{KCl} 5,6–7,0).

В соответствии с РДУ-99 предельное содержание радионуклидов в зерне на пищевые цели зерновых и зернобобовых культур не должно превышать: ^{137}Cs – 90 Бк/кг; ^{90}Sr – 11 Бк/кг. Согласно Техническому регламенту Таможенного союза ТР ТС 021/2011 «О безопасности

пищевой продукции» предельное содержание ^{137}Cs в зерне на пищевые цели зерновых и зернобобовых культур не должно превышать 60 Бк/кг, ^{90}Sr – 11 Бк/кг.

Возделывание озимой пшеницы, озимой ржи и озимого тритикале на пищевые цели с содержанием ^{137}Cs до 60 Бк/кг не ограничено плотностью загрязнения дерново-подзолистых суглинистых и супесчаных почв. На песчаных почвах с очень низким содержанием K_2O возделывать озимую рожь и озимое тритикале на пищевые цели возможно при плотности загрязнения до 32 Ки/км². Существенные ограничения имеются по возделыванию озимой ржи и озимого тритикале на торфяных почвах. При низких и средних значениях по содержанию подвижного калия в почве озимую рожь можно размещать при получении пищевого зерна при плотности загрязнения ^{137}Cs 8,0 и 16,0 Ки/км² соответственно, озимое тритикале – при плотности загрязнения 3,0 и 4,0 Ки/км².

На землях, загрязненных ^{90}Sr , для производства зерна озимой пшеницы на пищевые цели с содержанием радионуклида менее 11 Бк/кг допустимые плотности загрязнения суглинистых почв в зависимости от степени их кислотности составляют до 0,27–0,38 Ки/км², супесчаных почв – до 0,24–0,35 Ки/км². При получении зерна озимой ржи допустимые плотности загрязнения суглинистых почв в зависимости от степени их кислотности составляют до 0,29–0,46 Ки/км², супесчаных почв – до 0,30–0,48 Ки/км² и песчаных почв – до 0,20–0,42 Ки/км². На торфяных почвах возделывать продовольственную рожь возможно при плотностях загрязнения почв ^{90}Sr до 0,49–0,74 Ки/км². Озимое тритикале на пищевые цели допустимо размещать на суглинистых почвах в зависимости от степени их кислотности при плотности до 0,30–0,57 Ки/км², на супесчаных почвах – до 0,23–0,51 Ки/км² и на песчаных почвах – при плотности до 0,25–0,41 Ки/км². На торфяных почвах возделывать тритикале на пищевые цели возможно при плотности загрязнения почв ^{90}Sr до 1,0 Ки/км².

На дерново-подзолистых суглинистых и супесчаных почвах нет ограничений по загрязнению ^{137}Cs для возделывания яровой пшеницы и ячменя на пищевые цели. На легких песчаных и супесчаных почвах ограничено возделывание ячменя на пищевые цели при низком содержании подвижного калия в пахотном слое. На торфяных почвах размещение этих культур ограничено плотностью загрязнения до 2,3–5,4 Ки/км².

При загрязнении земель ^{90}Sr для производства продовольственного зерна яровой пшеницы допустимые плотности загрязнения суглинистых и супесчаных почв в зависимости от степени их кислотности составляют до 0,27–0,38 Ки/км². Для ячменя допустимая плотность загрязнения суглинистых и супесчаных почв не должна превышать 0,25 Ки/км², песчаных почв – 0,19 Ки/км². На торфяных почвах возделывать пшеницу на пищевые цели возможно при плотности загрязнения почв ^{90}Sr до 1,0 Ки/км², ячмень – при плотности загрязнения до 0,42–0,59 Ки/км².

При возделывании овса на продовольственные цели на дерново-подзолистых почвах имеются ограничения по его размещению на песчаных по гранулометрическому составу почвах и при низкой их обеспеченности подвижным калием. На торфяных почвах овес для производства пищевого зерна можно возделывать при плотности загрязнения ^{137}Cs до 1,8–3,2 Ки/км². На дерново-подзолистых почвах, загрязненных ^{90}Sr , при оптимальном уровне кислотности овес на пищевые цели возможно возделывать на землях с плотностью загрязнения до 0,20–0,30 Ки/км², на торфяных почвах – при плотности загрязнения почв до 0,37–0,59 Ки/км².

На величину накопления радионуклидов влияют сортовые особенности культур. Сорта интенсивного типа, потребляющие значительное количество элементов питания, отличаются повышенным накоплением радионуклидов.

Для производства зеленого горошка рекомендуется использовать хорошо окультуренные супесчаные и суглинистые почвы. В зависимости от обеспеченности почвы обменным калием эту культуру можно возделывать на пищевые цели на суглинистых почвах при плотности загрязнения ^{137}Cs до 4,2–14,7 Ки/км², на супесчаных почвах – до 3,2–9,0 Ки/км². На дерново-подзолистых почвах, загрязненных ^{90}Sr , при оптимальном и повышенном уровне кислотности горох на пищевые цели возможно возделывать при плотности загрязнения до 0,15–0,20 Ки/км².

Содержание ^{137}Cs и ^{90}Sr в клубнях картофеля на пищевые цели не должно превышать 80 и 3,7 Бк/кг соответственно. Нет ограничений по плотности загрязнения суглинистых и супесчаных почв ^{137}Cs для возде-

лывания картофеля. На песчаных почвах допустимая плотность загрязнения при низком и среднем содержании в почве подвижного калия составляет 27,0 и 37,9 Ки/км² соответственно. На дерново-подзолистых почвах, загрязненных ⁹⁰Sr, при оптимальном уровне кислотности картофель возможно возделывать при плотности загрязнения до 0,31–0,50 Ки/км².

В *приложении 22* приведены предельно допустимые уровни загрязнения почв ¹³⁷Cs и ⁹⁰Sr для получения продовольственной продукции, согласно РДУ-99, при pH_{KCl} – 6,1–6,5 и содержании K₂O – 140–200 мг/кг почвы.

4.1.2. Особенности размещения сельскохозяйственных культур для производства разных видов кормов. В молоке и цельномолочной продукции содержание ¹³⁷Cs не должно превышать 100 Бк/л, ⁹⁰Sr – 3,7 Бк/л (РДУ-99). Для получения такого молока в суточном рационе дойной коровы содержание ¹³⁷Cs не должно быть выше 10,0 кБк, ⁹⁰Sr – 2,6 кБк.

Содержание ¹³⁷Cs в фуражном зерне для скармливания дойному поголовью при производстве цельного молока не должно превышать 180 Бк/кг. Не ограничено плотностью загрязнения этим радионуклидом возделывание озимых (озимая пшеница, озимая рожь, озимое тритикале) и яровых (яровая пшеница, ячмень, яровое тритикале, овес) зерновых культур на дерново-подзолистых почвах при производстве зернофуража. Ограничения имеются по возделыванию зерновых культур на торфяных почвах. При низких и средних значениях по содержанию подвижного калия в почве озимую рожь можно размещать при получении фуражного зерна при плотности загрязнения ¹³⁷Cs 10,0 и 20,0 Ки/км² соответственно, озимое тритикале – 8,0 и 10,0 Ки/км², яровую пшеницу и ячмень – 5,8 и 13,5 Ки/км², овес – 4,5 и 8,1 Ки/км².

На дерново-подзолистых почвах, загрязненных ⁹⁰Sr, при производстве фуражного зерна озимой ржи практически нет ограничений по плотности загрязнения. На слабокислых и близких к нейтральным почвах озимое тритикале и яровую пшеницу можно возделывать при плотности до 2,5–3,0 Ки/км², ячмень – до 1,42–2,08 Ки/км², овес – до

1,80–2,25 Ки/км². При возделывании на торфяных почвах озимой ржи, озимого тритикале, яровой пшеницы, ячменя и овса при производстве фуражного зерна практически нет ограничений по размещению.

В зависимости от обеспеченности почвы обменным калием горох можно возделывать на зернофураж на суглинистых почвах при плотности загрязнения ¹³⁷Cs до 10,4–36,9 Ки/км², на супесчаных почвах – до 7,9–22,5 и на песчаных почвах – до 5,6–19,3 Ки/км². На дерново-подзолистых почвах, загрязненных ⁹⁰Sr, при оптимальном и повышенном уровне кислотности горох на фуражные цели возможно возделывать при плотности загрязнения до 1,0–1,90 Ки/км².

В зависимости от обеспеченности почвы обменным калием люпин можно возделывать на фуражные цели на суглинистых почвах при плотности загрязнения ¹³⁷Cs до 9,4–15,6 Ки/км², на супесчаных почвах до 7,4–12,3 и на песчаных почвах – до 5,1–8,4 Ки/км². На дерново-подзолистых почвах, загрязненных ⁹⁰Sr, при оптимальном уровне кислотности люпин возможно возделывать при плотности загрязнения до 0,54–1,00 Ки/км².

В пастбищный период концентрация ¹³⁷Cs в зеленой массе трав не должна превышать 165 Бк/кг, ⁹⁰Sr – 37 Бк/кг. В стойловый период суточный рацион для дойных коров составляется в соответствии с существующими нормами потребности животных в питательных веществах и скармливания отдельных видов кормов.

На дерново-подзолистых суглинистых и супесчаных почвах при обеспеченности подвижным калием 140–300 мг/кг использование зеленой массы большинства видов злаковых и бобово-злаковых трав для получения цельного молока уровнем загрязнения почвы ¹³⁷Cs не лимитируется. Нет ограничений по загрязнению почв ¹³⁷Cs для возделывания люцерны и клевера на зеленую массу. Предельная плотность загрязнения почвы ¹³⁷Cs для люпина – 22 Ки/км², для многолетних злаковых трав на пойменных землях – 13 Ки/км², для трав естественных лугов – 11 Ки/км².

Использование зеленой массы существенно ограничивается плотностью загрязнения почвы ⁹⁰Sr. На дерново-подзолистых почвах при оптимальных агрохимических показателях для получения цельного молока предельная плотность загрязнения ⁹⁰Sr при возделывании зеленой массы лядвенца рогатого, кукурузы, многолетних злаковых трав,

бобово-злаковых смесей составляет 0,5–0,8 Ки/км². Для галеги восточной, пайзы, сорго, сорго-суданкового гибрида, суданской травы, чумизы могара, многолетних злаково-бобовых смесей плотность загрязнения не должна превышать 0,3–0,4 Ки/км². Возделывание зеленой массы гороха, клевера, люпина, люцерны ограничивается плотностью загрязнения 0,2–0,3 Ки/км².

Возделывание полевых культур на силос на дерново-подзолистых суглинистых и супесчаных почвах при оптимальных агрохимических показателях практически не ограничено плотностью загрязнения почвы ¹³⁷Cs, за исключением многолетних трав на пойменных землях и естественных сенокосах. Культивирование растений на силос существенно ограничивается плотностью загрязнения ⁹⁰Sr: для клевера, многолетних трав эта величина составляет 0,3–0,4 Ки/км², для бобово-злаковых смесей, кукурузы – 0,5–0,7 Ки/км².

При заготовке сена используют травы, выращиваемые при плотности загрязнения ¹³⁷Cs до 5 Ки/км² – для многолетних трав естественных луговых и пойменных земель и до 13–19 Ки/км² – для многолетних злаковых трав, многолетних злаково-бобовых смесей и клевера. Получение нормативно чистого сена клевера, галеги восточной, многолетних злаково-бобовых смесей возможно при загрязнении почв ⁹⁰Sr до 0,4–0,6 Ки/км². Многолетние злаковые травы и лядвенец рогатый для заготовки сена можно возделывать при плотности загрязнения ⁹⁰Sr до 0,9–1,3 Ки/км².

Предельное содержание в фуражном зерне ¹³⁷Cs до 180 Бк/кг, ⁹⁰Sr – до 100 Бк/кг. Возделывание зерновых культур на фураж не ограничивается плотностью загрязнения почвы ¹³⁷Cs. Для использования на корм пригодно зерно, получаемое при плотности загрязнения ⁹⁰Sr до 2–3 Ки/км².

Предельное содержание ¹³⁷Cs в соломе – до 330 Бк/кг, ⁹⁰Sr – до 185 Бк/кг. Использование соломы зерновых культур не лимитируется плотностью загрязнения почв ¹³⁷Cs, но ограничено плотностью загрязнения ⁹⁰Sr – не выше 1,0–1,3 Ки/км².

Предельное содержание ¹³⁷Cs в корнеплодах – до 160 Бк/кг, ⁹⁰Sr – до 37 Бк/кг. На дерново-подзолистых суглинистых и супесчаных почвах при обеспеченности подвижным калием – 140–300 мг/кг

использование зеленой массы большинства видов для получения цельного молока плотность загрязнения ^{137}Cs не лимитируется.

При получении молока-сырья для переработки на масло при существующих нормативах содержания ^{137}Cs в зеленой массе, силосе, сенаже, зерне, соломе, сене (от 600 до 1850 Бк/кг) можно возделывать любые культуры на всех землях, находящихся в обороте.

Возделывание культур для получения молока-сырья ограничивается плотностью загрязнения ^{90}Sr . Практически нет ограничений по ^{90}Sr при возделывании зерновых культур и использованию зерна и соломы. Многолетние и однолетние бобовые культуры на зеленый корм, люцерну, люпин, клевер, горох необходимо размещать при плотности загрязнения ^{90}Sr не более 1,2–1,3 Ки/км². Многолетние злаковые травы на пойменных землях, вику, галегу восточную, многолетние бобово-злаковые смеси, сорго, пайзу на зеленый корм возможно возделывать при плотности загрязнения ^{90}Sr до 1,5–2,0 Ки/км². Вико-овсяную и горохо-овсяную смеси, рапс яровой, многолетние злаковые травы, кукурузу, лядвенец рогатый на зеленый корм можно размещать без ограничений.

Допустимое содержание ^{137}Cs в говядине не должно превышать 200 Бк/кг. Для производства такой говядины общее содержание ^{137}Cs в сучочном рационе не должно превышать 4,0 кБк.

Использование зерна люпина ограничено на слабоокультуренных песчаных, супесчаных и суглинистых почвах предельной плотностью загрязнения 16, 21 и 30 Ки/км² соответственно, на хорошо окультуренных песчаных и супесчаных почвах – 25, 32 Ки/км². Использование зерна гороха ограничено на слабоокультуренных песчаных, супесчаных и суглинистых почвах предельной плотностью загрязнения 18, 24 и 33 Ки/км² соответственно, на хорошо окультуренных песчаных почвах – 32 Ки/км². Использование сена на заключительный откорм имеет те же ограничения, что и для молочного стада. Использование зеленой массы клевера ограничено на слабоокультуренных песчаных и супесчаных почвах предельной плотностью 26, 34 Ки/км² соответственно. Использование зеленой массы многолетних злаковых трав ограничено на слабоокультуренных песчаных, супесчаных и суглинистых почвах плотностью загрязнения 9, 13, 18 Ки/км² соответственно, на хорошоокультуренных – 16, 29, 34 Ки/км².

В приложениях 23–27 приведены предельно допустимые уровни загрязнения почв ^{137}Cs и ^{90}Sr для получения молока цельного, молока-сырья и мяса согласно РДУ-99.

4.1.3. Особенности размещения сельскохозяйственных культур на технические цели. Основными техническими культурами на загрязненных радионуклидами территориях являются сахарная свекла, картофель, рапс, подсолнечник, а также зерновые культуры. Эти культуры используют для получения сахара, крахмала, растительного масла, спирта.

Прием семян рапса на переработку ограничивается содержанием ^{137}Cs до 1500 Бк/кг. Для переработки на спирт используется сырье с содержанием ^{137}Cs до 3700 Бк/кг. По ^{90}Sr нормирование не предусмотрено. Технические культуры можно выращивать на пашне, находящейся в обороте без ограничений по плотности загрязнения.

Переработка рапса на масло-сырец в промышленном масштабе позволяет уменьшить содержание радионуклидов в конечном продукте: ^{137}Cs – до 250 раз, ^{90}Sr – до 600 раз, а переработка зерновых на спирт практически исключает содержание радионуклидов в конечном продукте.

4.2. Обработка загрязненных радионуклидами почв

Основным фактором выбора системы основной обработки почвы в условиях радиоактивного загрязнения является характер и глубина распределения радионуклидов в профиле почвенного горизонта. При этом необходимо учитывать степень гидроморфности почвы, поскольку на почвах различного увлажнения используются различные системы обработки. Традиционная отвальная система обработки почвы совершенствуется в направлении максимально возможного совмещения операций основной и дополнительных обработок, а также применения новых высокопроизводительных машин, особенно на землях со средне- и тяжелосуглинистыми почвами.

Система основной обработки почвы в условиях радиоактивного загрязнения зависит от характера и глубины распределения радионуклидов в обрабатываемом слое.

При высокой плотности радиоактивного загрязнения почвы (^{137}Cs – 15–40 Ки/км², ^{90}Sr – 1–3 Ки/км²) рекомендуется комбинированная система обработки почвы, включающая чередование минимальных обработок с ярусной отвальной вспашкой 1–2 раза в севообороте под пропашные культуры при одновременной заделке органических удобрений и сидератов. Глубина ярусной вспашки не должна превышать мощности пахотного слоя.

При загрязнении верхней части обрабатываемого слоя почвы (5–10 см) с целью перемещения радионуклидов в более глубокие, малодоступные для растений слои почвы проводится 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 и послеуборочных остатков на дно борозды. Эти приемы обработки использовали непосредственно после чернобыльской катастрофы. В настоящее время их целесообразно применять при возврате в сельскохозяйственное пользование ранее выведенных из оборота земель в связи с радиоактивным загрязнением. На таких землях радионуклиды вследствие их незначительной вертикальной миграции по-прежнему сосредоточены в верхней части пахотного горизонта.

Глубокая и сверхглубокая вспашка эффективна для культур с неглубоко залегающей корневой системой. Ограничения в применении этих приемов включают: возможное нарушение дренажных систем; потерю 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 безотвальных чизельной, поверхностной дисковой и минимальной обработок. На легких по гранулометрическому составу песча-

ных и супесчаных почвах, где радионуклиды распределены относительно равномерно по всей глубине обрабатываемого слоя, рекомендуется комбинированная безотвальная система обработки. При высоком уровне радиоактивного загрязнения (15 Ки/км^2 и выше) с целью снижения доз внешнего облучения персонала и уменьшения миграции радионуклидов с дефляцией почвы целесообразно применять минимальную и нулевую обработки, использование высокопроизводительных комбинированных почвообрабатывающих агрегатов.

При загрязнении нижней части обрабатываемого слоя (в пределах $30 \pm 5 \text{ см}$) в условиях достаточного увлажнения рекомендуется проводить гладкую вспашку без припашки загрязненного слоя (с использованием фронтальных и оборотных плугов), а в засушливых условиях – безотвальную чизельную обработку на 20–25 см или глубже. В данных условиях система основной обработки должна быть направлена на предотвращение вторичного загрязнения почвы ранее глубоко запаханым загрязненным слоем.

4.3. Известкование кислых почв пахотных земель

Известкование кислых почв загрязненных радионуклидами сельскохозяйственных земель проводится за счет средств республиканского бюджета с целью оптимизации показателей реакции почвенной среды ($\text{pH}_{\text{КСИ}}$), при которых наблюдается максимальное снижение поступления радионуклидов в растениеводческую продукцию. Для торфяных почв $\text{pH} - 5,0-5,3$; для дерново-подзолистых почв в зависимости от типа севооборота и гранулометрического состава: глинистые и суглинистые – $5,5-6,7$; супесчаные – $5,5-6,2$; песчаные – $5,3-5,8$. Оптимизация степени кислотности почв на фоне применения минеральных удобрений позволяет повысить урожайность и сократить поступление радионуклидов в сельскохозяйственные культуры на 60–80 %.

Для достижения оптимального уровня кислотности почвы необходимо применять дозы извести согласно «Инструкции по известкованию кислых почв сельскохозяйственных земель», утвержденной постановлением Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь от 18 января 2019 года № 5 (табл. 1).

Таблица 1

**Средние дозы известковых материалов (т/га, СаСО₃)
для известкования кислых почв пахотных земель**

Группы почв	Содержа- ние гу- муса, %	рН солевой вытяжки							
		4,25 и менее	4,26– 4,50	4,51– 4,75	4,76– 5,00	5,01– 5,25	5,26– 5,50	5,51– 5,75	5,76– 6,00
Плотность загрязнения ¹³⁷ Cs – 1,0–4,90, ⁹⁰ Sr – 0,15–0,29 Ки/км ²									
Песчаные	менее 1,50	5,0	4,5	4,0	3,5	3,0	2,5	–	–
	1,51–3,00	5,5	5,0	4,5	4,0	3,5	3,0	–	–
	более 3,00	6,0	5,5	5,0	4,5	4,0	3,5	–	–
Рыхлосупесчаные	менее 1,50	5,5	5,0	4,5	4,0	3,5	3,0	2,5	–
	1,51–3,00	6,0	5,5	5,0	4,5	4,0	3,5	3,0	–
	более 3,00	6,5	6,0	5,5	5,0	4,5	4,0	3,5	–
Связносупесчаные	2,0 и менее	6,5	6,0	5,5	5,0	4,5	4,0	3,5	3,0
	более 2,0	7,5	7,0	6,5	6,0	5,5	4,5	4,0	3,5
Легко- и среднесуглинистые	2,0 и менее	8,0	7,5	7,0	6,5	6,0	5,0	4,5	3,5
	более 2,0	9,0	8,5	8,0	7,5	7,0	6,0	5,0	4,0
Тяжелосуглинистые и глинистые	любое	10,0	9,5	9,0	8,5	8,0	7,0	6,0	5,0
Торфяно-болотные	–	13,0 19,0*	10,0	7,5	5,0	–	–	–	–
Плотность загрязнения ¹³⁷ Cs – 5,0–40,0; ⁹⁰ Sr – 0,3–3,0 Ки/км ²									
Песчаные	менее 1,50	8,0	7,5	6,5	5,5	4,5	3,5	–	–
	1,51–3,00	8,5	8,0	7,0	6,0	5,0	4,0	–	–
	более 3,00	9,0	8,5	7,5	6,5	5,5	4,5	–	–
Рыхлосупесчаные	менее 1,50	10,0	9,0	8,5	7,0	5,5	5,0	3,0	–
	1,51–3,00	10,5	9,5	9,0	8,0	6,5	6,0	3,5	–
	более 3,00	11,0	10,0	9,5	8,5	7,5	7,0	4,5	–
Связносупесчаные	2,0 и менее	12,0	10,5	10,0	9,0	8,0	6,5	5,0	4,0
	более 2,0	13,0	11,5	11,0	10,0	8,5	7,0	5,5	4,5
Легко- и среднесуглинистые	2,0 и менее	15,0	14,0	13,0	12,0	11,0	9,5	7,0	6,0
	более 2,0	16,0	15,0	14,0	13,0	12,0	10,5	8,0	7,0
Торфяные	–	13,0 (19,0)*	10,0	7,5	5,0	–	–	–	–

* Для почв с рН 4,0 и ниже

Для уровня загрязнения 1–4,9 Ки/км² ¹³⁷Cs и 0,15–0,29 Ки/км² ⁹⁰Sr дозы мелиорантов увеличиваются только на торфяных почвах и дополнительно известкуются рыхлосупесчаные почвы с pH 5,51–5,75, связно-супесчаные с pH 5,51–6,00. Для уровня загрязнения 5–40 Ки/км² ¹³⁷Cs или 0,3–3,0 Ки/км² ⁹⁰Sr дозы известковых мелиорантов повышаются из расчета доведения реакции почв до оптимального уровня за один прием.

На пахотных землях мелиоранты рекомендуется вносить под культивацию или боронование полей. В случае, когда разовая доза превышает 8 т/га, известь вносится в два приема: 0,5 дозы под вспашку и 0,5 дозы под культивацию. На сенокосах и пастбищах известковые удобрения вносятся под предпосевную культивацию при перезалужении или коренном улучшении. Допускается проводить поверхностное известкование многолетних трав, улучшенных сенокосов и пастбищ с учетом их продуктивности и дальнейшего использования.

Первоочередному известкованию подлежат почвы I–II групп кислотности в связи с высоким переходом радионуклидов из почвы в растения. Работы по известкованию супесчаных почв с pH 5,51–6,0 и торфяно-болотных с pH 5,0 и ниже при плотности загрязнения земель ¹³⁷Cs 1–5 Ки/км² или ⁹⁰Sr – 0,2–0,3 Ки/км², а также на всех кислых почвах с плотностью загрязнения 5–40 Ки/км² ¹³⁷Cs или ⁹⁰Sr – 0,3–3,0 Ки/км² финансируются за счет средств, направляемых на преодоление последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС.

Объемы известкования кислых почв, загрязненных радионуклидами сельскохозяйственных земель на 2021–2024 гг. составляют ежегодно 23,2 тыс. га, а ежегодная потребность в известковых мелиорантах, в пересчете на CaCO₃, составляет 110,7 тыс. т.

4.4. Применение органических удобрений

Обеспеченность почв гумусом является одним из параметров их плодородия, влияющих на накопление в растениях радионуклидов. Это связано со снижением их биологической доступности в результате включения в органоминеральные комплексы в почве, а также с повышением обеспеченности почв элементами питания, увеличением урожайности культур или «биологическим» разбавлением концентрации

радионуклидов. С повышением содержания гумуса в почвах от 1 до 3,5 % накопление ^{137}Cs и ^{90}Sr в растениеводческой продукции снижается в 1,5–3,5 раза.

Внесение органических удобрений в принятых дозах способствует уменьшению перехода радионуклидов из почвы в растения в среднем на 30 %. Поэтому обогащение почвы органическим веществом за счет внесения органических удобрений является важным агротехническим приемом, направленным на производство продукции растениеводства с меньшей концентрацией радионуклидов. Под сельскохозяйственные культуры рекомендуются те же дозы органических удобрений, что и на незагрязненных радионуклидами землях (табл. 2).

Таблица 2

Рекомендуемые дозы органических удобрений под сельскохозяйственные культуры, возделываемые на загрязненных радионуклидами землях

Культура	Дозы удобрений, т/га
Картофель	60–70
Озимые зерновые	30–40
Сахарная свекла	60–70
Кукуруза	70–80
Многолетние злаковые травы при залужении	30–40

4.5. Применение минеральных удобрений

Азотные удобрения. Важная роль отводится регулированию азотного питания растений на загрязненных радионуклидами почвах. Недостаток доступного азота в почве приводит к снижению урожайности сельскохозяйственных культур, а повышенные дозы азотных удобрений усиливают накопление ^{137}Cs и ^{90}Sr в растениеводческой продукции. Расчет доз азотных удобрений проводится исходя из потребности в азоте для формирования планируемого урожая. Во избежание превышения доз азотных удобрений при подкормках озимых и яровых зерновых культур рекомендуется проведение почвенной и растительной диагностики. Максимально допустимые дозы азотных удобрений под сельскохозяйственные культуры приведены в таблице 3.

Таблица 3

**Рекомендуемые дозы азотных удобрений под
сельскохозяйственные культуры на загрязненных
радионуклидами дерново-подзолистых почвах**

Культура	Органические удобрения (фон), т/га	Доза удобрений, кг/га д. в.
Картофель	60–70	120
Озимые зерновые	30–40	200*
Яровые зерновые	—	120
Сахарная свекла	60–70	150
Кукуруза	70	150
Многолетние злаковые травы	—	160
Капуста	70	120
Морковь	—	90
Томаты	40	120
Огурцы	120	90
Столовая свекла	40	120
Лук-репка	40	90

* При планируемой урожайности 80 ц/га зерна.

Комплексные азотно-фосфорно-калийные удобрения с осени рекомендуется вносить под озимые зерновые культуры. Весной проводится подкормка только азотными удобрениями. Под яровые зерновые, картофель, овощные культуры комплексные азотно-фосфорно-калийные удобрения применяются весной перед посевом.

Фосфорные и калийные удобрения. Установлено снижение поступления радионуклидов из почвы в растительную продукцию при внесении фосфорных удобрений, особенно на почвах с низким содержанием фосфатов. Фосфорные удобрения не только способствуют повышению урожая возделываемых культур, но и закреплению ^{90}Sr за счет осаждения его фосфатами.

Калийные удобрения оказывают наиболее сильное влияние на снижение поступления ^{137}Cs в растения. Внесение дифференцированных доз калийных удобрений (в зависимости от типа почв, содержания в них подвижного калия и плотности загрязнения ^{137}Cs и ^{90}Sr) на слабообеспеченных подвижным калием почвах (<150 мг/кг почвы) уменьшает

поступление в растения ^{137}Cs до 2,0 раза, а ^{90}Sr – до 1,5 раза. Это обусловлено как антагонизмом катионов цезия и калия в почвенном растворе, так и прибавкой урожая сельскохозяйственных культур, особенно на бедных подвижным калием дерново-подзолистых песчаных и супесчаных почвах.

Основные и дополнительные дозы фосфорных и калийных удобрений дифференцируются по типам почв, содержанию подвижного фосфора и калия в почве и трем уровням плотности загрязнения: первый – содержание ^{137}Cs – 1–4,9 Ки/км² или ^{90}Sr – 0,15–0,29 Ки/км²; второй – содержание ^{137}Cs 5,0–14,9 Ки/км² или ^{90}Sr – 0,30–0,99 Ки/км²; третий – содержание ^{137}Cs 15,0–40,0 Ки/км² или ^{90}Sr – 1,0–3,0 Ки/км² (табл. 4 и 5).

Таблица 4

**Среднегодовые дозы фосфорных удобрений на
загрязненных радионуклидами пахотных землях**

Почвы	Содержа- ние P_2O_5 , мг/кг почвы	Основ- ные дозы P_2O_5 , кг/га	Дополнительные дозы P_2O_5 (кг/га) при плотности загрязнения (Ки/км ²)		
			^{137}Cs – 1,0–4,9 ^{90}Sr – 0,15–0,29	^{137}Cs – 5,0–14,9 ^{90}Sr – 0,30–0,99	^{137}Cs – 15,0–40,0 ^{90}Sr – 1,00–3,00
Дерново- подзоли- стые, дерновые	60 и менее	45	15	30	45
	61–100	40	10	20	30
	101–150	35	5	10	15
	151–250	20	–	5	10
	более 250	–	–	–	–
Торфя- ные	200 и менее	60	20	40	60
	201–300	45	15	30	45
	301–500	30	10	20	30
	501–800	20	–	5	10
	более 800	–	–	–	–

Учитывая дефицит фосфорных удобрений и их высокую стоимость, рекомендуется на загрязненных землях обеспечить внесение минимума фосфорных удобрений, необходимого для сбалансированного питания сельскохозяйственных культур с учетом содержания подвижных фосфатов в почве. На землях с высоким содержанием подвижного калия (> 300 мг/кг на минеральных и 1000 мг/кг на торфяных почвах) целесообразно внесение доз удобрений для поддержания оптимального калиевого режима почв.

Таблица 5

**Среднегодовые дозы калийных удобрений на загрязненных
радионуклидами пахотных землях**

Группы почв	Содержание K_2O , мг/кг почвы	Основные дозы K_2O , кг/га	Дополнительные дозы калийных удобрений (кг/га) при плотности загрязнения (Ки/км ²)		
			¹³⁷ Cs – 1,0–4,9 ⁹⁰ Sr – 0,15–0,29	¹³⁷ Cs – 5,0–14,9 ⁹⁰ Sr – 0,30–0,99	¹³⁷ Cs – 15,0–40,0 ⁹⁰ Sr – 1,00–3,00
Дерново-подзолистые, дерновые	80 и менее	100	50	100	150
	81–140	90	30	60	90
	141–200	80	20	40	60
	201–300	55	15	30	45
	более 300	–	–	–	–
Торфяные	200 и менее	140	40	80	120
	201–400	120	30	60	90
	401–600	100	20	40	60
	601–1000	60	10	20	30
	более 1000	–	–	–	–

За счет средств республиканского бюджета производится закупка и поставка фосфорных и калийных удобрений, а также их комплексов в сельскохозяйственные организации, имеющие земли с плотностью загрязнения ¹³⁷Cs от 37 кБк/м² (от 1,0 Ки/км²) и более или ⁹⁰Sr от 5,55 кБк/м² (0,15 Ки/км²) и более. В стоимость работ по закупке и поставке минеральных удобрений входят работы по расчету потребности в основной и дополнительной дозах удобрений. Расчет объемов минеральных удобрений, финансирования их поставки под основную и дополнительную потребность осуществляется с использованием единого программного обеспечения.

Необходимые объемы минеральных удобрений рассчитываются для пахотных и улучшенных луговых земель, где проведено агрохимическое и радиологическое обследование.

Применение комплексных удобрений (сложных, смешанных, сложно-смешанных), содержащих, помимо фосфора и калия, азот в

процентном соотношении, не превышающем половины содержания фосфора, разрешается в целях обеспечения оптимального баланса по элементам питания.

Требуемое количество минеральных удобрений по сельскохозяйственным организациям, районам и областям определяется путем умножения нормативных доз на площадь земель с данными показателями дифференциации и последующим суммированием по этим показателям. При уровнях загрязнения сельскохозяйственных земель ^{137}Cs и ^{90}Sr , относящихся к разным интервалам, в расчетах используется большее значение нормативной дозы удобрений.

4.6. Применение микроудобрений

В системе агрохимических приемов при возделывании сельскохозяйственных культур в условиях радиоактивного загрязнения особую значимость приобретает применение микроэлементов. При научно обоснованном внесении микроудобрений с учетом содержания подвижных форм микроэлементов в почвах прибавки урожая достигают 15–20 %.

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

Микроудобрения необходимо вносить на почвах первой и второй групп обеспеченности микроэлементами с pH более 6,0. На почвах третьей группы обеспеченности некорневые подкормки проводятся при интенсивных технологиях возделывания культур, ориентированных на получение высокой урожайности и качественной продукции.

Рекомендуемые дозы и сроки некорневых подкормок сельскохозяйственных культур микроэлементами приведены в таблице 6.

Таблица 6

**Дозы и сроки применения жидких комплексных
микроудобрений МикроСтим для некорневых подкормок
сельскохозяйственных культур**

Культура	Микроудобрения	Дозы внесе- ния, л/га	Сроки внесения
Озимые зерновые	МикроСтим-Медь МикроСтим-Марганец или МикроСтим-Медь, Марганец	0,65–1,0 1,0–1,5 1,0	1-я – в стадии 1-го узла; 2-я – в стадии 4-го узла
Яровые зерновые	МикроСтим-Медь МикроСтим-Марганец или МикроСтим-Медь, Марганец	0,65–1,0 1,0–1,5 1,0	в стадии 1-го узла
Озимый рапс	МикроСтим-Бор МикроСтим-Марганец	1,5–2,0 1,0–1,5	1-я – осенью, в фазе 4–6 листьев; 2-я – весной, в фазе формирования стебля; 3-я – перед цветением
Кукуруза	МикроСтим-Бор МикроСтим-Цинк	1,5 1,5–2,0	В фазе 6–8 листьев
Сахарная свекла	МикроСтим-Бор МикроСтим-Марганец	1,5–2,0 1,5–2,0	1-я - в фазе 10–12 ли- стьев; 2-я – в фазе смыкания рядков.
Лен	МикроСтим-Бор МикроСтим-Цинк или МикроСтим-Цинк, Бор	0,33–0,66 1,5–3,0 1,0–2,0	в фазе «елочка»
Картофель	МикроСтим-Бор	0,66–1,0	в фазе начала бутони- зации
Зернобобовые	МикроСтим-Бор	0,33	в фазе начала бутони- зации
Гречиха	МикроСтим-Бор	0,33	в фазе ветвления
Многолетние бобовые травы	МикроСтим-Молибден МикроСтим-Бор	0,33 0,33	при высоте растений 8–10 см

5. КОРМОПРОИЗВОДСТВО В УСЛОВИЯХ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

5.1. Основные принципы кормопроизводства на загрязненных радионуклидами землях

Кормопроизводство на загрязненных радионуклидами землях направлено на обеспечение поголовья скота собственными качественными кормами с минимальными рисками производства продукции животноводства с содержанием радионуклидов, превышающим допустимые уровни, на обеспечение высокой производительности сельскохозяйственных земель с сохранением хорошего фитосанитарного состояния, агрохимических и физических свойств почвы, на повышение рентабельности животноводческой отрасли.

Эффективная организация кормопроизводства на территориях радиоактивного загрязнения должна базироваться на следующих основных принципах:

- равномерное и бесперебойное обеспечение биологически полноценными и нормативно чистыми по содержанию радионуклидов кормами в соответствии с физиологическими потребностями животных;
- максимальный выход питательных веществ с единицы кормовой площади;
- наиболее оптимальное сочетание полевого и лугового кормопроизводства с учетом плотности загрязнения почв радионуклидами;
- рациональное кормление разных видов и групп скота, позволяющее получать высокий уровень продуктивности с наименьшими затратами питательных веществ на единицу продукции;
- наибольшая экономическая выгода животноводства.

После определения потребности в кормах имеющегося поголовья животных (с учетом их роста) осуществляется подбор видов и сортов сельскохозяйственных культур полевого кормопроизводства с учетом агрономической и радиологической пригодности почв для их возделывания.

При организации кормопроизводства важным этапом является оптимизация структуры посевов. При планировании использования пахотных земель должны быть соблюдены требования по соотношению

разных групп культур в структуре пашни для обеспечения расширенного воспроизводства почвенного плодородия. Использование луговых земель должно включать своевременное проведение комплекса агротехнических, агрохимических мероприятий по повышению их продуктивности (поверхностное улучшение, применение удобрений, боронование, подкашивание), создание улучшенных сенокосов и пастбищ с набором совместимых компонентов травсмеси, совпадающих по срокам созревания и режиму использования, обеспечивая высокое зоотехническое качество корма с минимальным накоплением радионуклидов.

5.2. Полевое кормопроизводство

В настоящее время базовой системой кормопроизводства является зернокармовая, которая ориентирована на производство кармов преимущественно за счет кукурузы и однолетних трав. Кукуруза, на долю которой в полевом кормопроизводстве приходится около 40 % объема заготавливаемых кармов, в отдельные годы не обеспечивает высокую урожайность зеленой массы. Варьирование урожайности по годам достигает 50 %.

В условиях рискованного земледелия не рекомендуется ограничиваться возделыванием одной или нескольких ведущих кармовых культур. Необходимо выращивать культуры различных сроков созревания. Видовой состав кармовых культур, возделываемых на пашне, должен обеспечить равномерное производство кармов для животных в течение года.

Технология возделывания полевых кармовых культур на территории радиоактивного загрязнения должна обеспечивать производство нормативно чистой продукции по содержанию радионуклидов, стабильных максимально возможных урожаев с учетом генетического плодородия почв и высококачественных кармов.

В качестве однолетних кармовых культур рекомендуется возделывать:

- в группе злаковых – кукурузу, пайзу, просо, сорговые (сорго сахарное, сорго-суданковый гибрид, суданскую траву);
- в группе бобовых – горох, вику, люпин и их смеси с другими культурами (ячменем, тритикале, овсом, подсолнечником);

– в *группе крестоцветных* – сурепицу, редьку масличную, рапс и их смеси со злаковыми культурами.

В качестве многолетних кормовых культур рекомендуется возделывать:

– в *группе злаковых* – фестулолиум, овсяницу тростниковую и красную, кострец безостый, ежу сборную, тимopheевку луговую;

– в *группе бобовых* – люцерну посевную, лядвенец рогатый, донник белый, эспарцет, клевер луговой и ползучий.

Целесообразно вышеперечисленные однолетние травы возделывать в двухкомпонентных смесях, а многолетние травы в смешанных многокомпонентных травосмесях. Преимущество травосмесей перед одновидовыми посевами состоит в следующем:

– более высокое продуктивное долголетие;

– меньшее накопление радионуклидов по сравнению с одновидовыми посевами бобовых;

– урожайность до 40 % выше по сравнению с одновидовыми посевами за счёт более полного использования питательных веществ, влаги и высокого коэффициента использования фотосинтетически активной радиации;

– более равномерное поступление зелёной массы;

– увеличение выхода кормовых единиц, переваримого протеина и кормо-протеиновых единиц;

– лучшее соотношение переваримых белковых и не белковых веществ в корме, как следствие, лучшая поедаемость животными.

В однолетних смешанных посевах рекомендуется возделывание бобово-овсяных, бобово-просяных, вико-подсолнечниковых смесей, а также возможны совместные посевы сурепицы со злаковыми культурами и кукурузы с люпином и горохом.

Наблюдающиеся климатические изменения, особенно на территории Белорусского Полесья, в сторону потепления, участвовавшие периоды с засухами и засушливыми явлениями с дефицитом влаги в почве приводят к тому, что продуктивность традиционных широко распространенных культур сильно снижается. Одной из мер адаптации к климатическим изменениям является расширение посевов теплолюбивых и засухоустойчивых культур. Актуально расширение посевов

пайзы, сорговых культур (сорго сахарного, сорго-суданкового гибрида, суданской травы) и кормового проса.

Сорго. Наибольший выход питательных веществ у сорго отмечается в фазе выбрасывания метелки. На зеленую подкормку сорго необходимо косить при высоте растений не ниже 50 см. Перед скармливанием скоту свежескошенную зеленую массу необходимо проявлять во избежание отравления глюкозидом дуррин.

Суданскую траву можно скармливать скоту в период от начала до полного колошения. Она мало страдает от вытаптывания и быстро отрастает при стравливании (скашивании).

Пайза. Максимальной кормовой ценности пайза достигает в фазу полного выметывания.

Могар убирают не позднее начала выколашивания метелок. При более поздней уборке скошенная зеленая масса становится грубой и кормовая ценность резко снижается.

Чумизу убирают на зеленый корм за 10 дней до начала выметывания метелки.

Сорго-суданковый гибрид на зеленую массу скашивают, начиная с фазы начала выметывания метелки.

Вышеперечисленные культуры характеризуются высокой урожайностью (в среднем около 600 ц/га зелёной массы) и хорошим качеством растительной массы, универсальностью использования, засухоустойчивостью, легко приспосабливаются к различным почвам и климатическим изменениям. По содержанию питательных веществ они не уступают кукурузе, могут быть использованы для нормализации сахаро-протеинового отношения в рационах.

Данные культуры являются культурами позднего сева, использование их возможно со второй половины лета (с июля месяца). Благодаря способности к отрастанию пайзу, могар, чумизу, сорго, суданскую траву и сорго-суданковый гибрид можно включать в схему зеленого конвейера в несколько этапов. Основной период использования – август–сентябрь. При более поздних сроках посева – до наступления заморозков. Использование сорговых культур в заключительном звене зеленого конвейера позволяет ликвидировать дефицит сахаров в рационе животных и поддерживать их высокую молочную продуктивность.

Для обеспечения высокой стабильной урожайности кормовых культур и получения высококачественных кормов с минимальным накоплением радионуклидов, рекомендуется поддерживать плодородие почвы на оптимальном уровне. Для большинства кормовых культур, возделываемых на минеральных почвах, оптимальные значения агрохимических показателей: pH – 5,8–6,5 ед., содержание гумуса – 2,0–3,0 %, подвижных форм фосфора – 200–300 мг/кг почвы, подвижных форм калия – 150–250 мг/кг почвы; на торфяных почвах – pH – 5,0–5,3, подвижных форм фосфора – 700–1000 мг/кг почвы, подвижных форм калия – 600–800 мг/кг почвы.

Сохранению почвенного плодородия способствуют посевы многолетних трав. Рекомендуется расширение посевов многолетних трав на пахотных землях. Особенно актуально создание многолетних травосмесей на торфяных и антропогенно-преобразованных торфяных почвах. На торфяных и антропогенно-преобразованных торфяных почвах рекомендуется создание бобово-злаковых травосмесей, включающих тимopheевку луговую, овсяницу луговую, кострец безостый и лядвенец рогатый, и злаковых травосмесей, в состав которых входят вышеперечисленные злаковые травы. Рекомендуемая бобово-злаковая травосмесь при оптимальных агрохимических показателях антропогенно-преобразованной торфяной почвы и системе удобрений $N_{90}P_{90}K_{180}$ обеспечивает урожайность сена на уровне 145 ц/га, или 74 к. ед.

На территории радиоактивного загрязнения подбор видового состава культур и их размещение по полям севооборотов должно осуществляться с учётом плотности загрязнения почв радионуклидами. Необходимо обеспечить соответствие уровней содержания радионуклидов в выращенных кормах нормативным показателям.

Следует учитывать, что при уровнях плодородия почвы ниже оптимальных, параметры перехода ^{137}Cs в корма увеличиваются в среднем на минеральных почвах в 1,5 раза, на торфяных почвах – в 2,5 раза. Коэффициенты перехода ^{90}Sr в корма до 2 раз выше на минеральных почвах с агрохимическими показателями ниже оптимальных, на торфяных почвах – до 1,5 раз. Так, переход ^{137}Cs в зелёную массу озимого рапса, возделываемого на дерново-подзолистой супесчаной почве, при оптимальном уровне содержания обменного калия в 1,3 раза меньше, чем на низкообеспеченной калием почве. Коэффициент перехода ^{90}Sr

в зеленую массу озимого рапса, возделываемого на дерново-подзолистой супесчаной почве, при оптимальной кислотности до 1,8 раза меньше, чем на сильно кислой почве. При возделывании рапса на деградированной торфяной почве различия составляют 1,2 и 1,4 раза соответственно.

В качестве минеральных удобрений рекомендуется использование комплексных (NPK) минеральных удобрений, а также применение микроудобрений и биопрепаратов. Эффективно применение микроэлементов в хелатной форме. Некорневая обработка посевов гороха Микростимом обеспечила снижение содержания ^{90}Sr в зерне в 1,5 раз.

Комплексное применение макро- и микроудобрений обеспечивает не только снижение накопления радионуклидов в продукции, но и повышение урожайности кормовых культур и качества кормов.

5.3. Луговое кормопроизводство

Луговое кормопроизводство предусматривает создание и эксплуатацию высокопродуктивных луговых травостоев для производства качественных грубых и сочных кормов, отвечающих нормативным требованиям по содержанию радионуклидов. Задача лугового кормопроизводства на загрязненных радионуклидами землях – обеспечить продуктивность сенокосов и пастбищ на минеральных почвах на уровне 50–60 ц/га к. ед., на торфяных почвах – 80–100 ц/га к. ед. и производство грубых и сочных кормов (сено, зеленая масса), отвечающих нормативным требованиям по содержанию радионуклидов.

При улучшении луговых земель особое внимание необходимо уделять выбору земельных участков по плотности радиоактивного загрязнения, подбору травосмесей в зависимости от типа использования (сенокосный или пастбищный), обработке почвы, системе применения удобрений, уходу за вновь созданными сенокосами и пастбищами.

Выбор земельных участков. Для создания улучшенных сенокосов и пастбищ рекомендуется использовать сельскохозяйственные земли, имеющие невысокую плотность загрязнения радионуклидами, особенно ^{90}Sr , представленных дерново-подзолистыми почвами со сравнительно устойчивым режимом увлажнения (автоморфные или временно избыточно увлажняемые почвы).

При создании улучшенных луговых земель для сенокосного и пастбищного использования на дерново-подзолистых суглинистых почвах ограничения по плотности загрязнения почв ^{137}Cs отсутствуют. На супесчаных и песчаных почвах получение сена, соответствующего нормативу по содержанию ^{137}Cs , возможно при плотности загрязнения до 30 Ки/км². Производство нормативно чистой зелёной массы бобово-злаковых травосмесей на супесчаных почвах возможно при плотности загрязнения ^{137}Cs до 35 Ки/км², на песчаных почвах – до 30 Ки/км². На торфяно-болотных почвах в зависимости от мощности торфяного слоя ограничения по плотности их загрязнения ^{137}Cs и ^{90}Sr представлены в приложениях 28 и 29.

При создании и использовании сенокосов и пастбищ с бобово-злаковой травосмесью на антропогенно-преобразованных торфяных почвах нет ограничений по плотности загрязнения ^{137}Cs .

Подбор травосмесей. Перезалужение луговых земель следует проводить 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.

Условия питания луговых растений, различия в характере распределения и мощности корневых систем и другие 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. Поэтому при подборе трав для травосмесей необходимо соблюдать следующие правила:

- учитывать плотность загрязнения почвы радионуклидами;
- включать виды, хорошо приспособленные к данным почвенно-климатическим условиям и обеспечивающие получение высоких урожаев;
- учитывать предполагаемую длительность и тип использования.

На малоплодородных дерново-подзолистых почвах и при невысоком уровне минерального питания более продуктивны краткосрочные пастбища.

На плодородных, богатых гумусом и азотом осушенных дерново-глебоватых и торфяных почвах и при интенсивном использовании удобрений преимущества имеют культурные пастбища с длительным сроком использования.

На краткосрочных пастбищах (продолжительность использования – 4–5 лет) с невысокой плотностью радиоактивного загрязнения дерново-подзолистых почв (^{137}Cs – до 15 Ки/км², ^{90}Sr – до 0,5 Ки/км²) преобладающим типом травостоя является бобово-злаковый, который формируется на основе клевера ползучего и лугового, овсяницы луговой и тимopheевки. Клевер луговой повышает продуктивность пастбища в первые два года, ползучий – в последующие годы. При сохранении в травостое ценных злаков после выпадения бобовых трав его можно использовать далее по типу злакового. В состав травосмесей целесообразно включить наиболее устойчивые верховые злаки – овсяницу луговую и тимopheевку луговую. В **приложениях 30–32** приведены рекомендуемые травосмеси при перезалужении сенокосов и пастбищ на суходольных и низинных луговых землях на минеральных и торфяно-болотных почвах.

При невысоком уровне азотного питания на пастбище формируются бобово-злаковые травостои с преобладанием низовых злаков и бобовых трав. 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. ед. 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. ед. с 1 га.

На пастбищах при плотности загрязнения почв ^{137}Cs выше 15 Ки/км² и ^{90}Sr выше 0,6 Ки/км² при перезалужении следует создавать высокопродуктивные злаковые травостои, предусматривая приме-

нение умеренных доз азотных удобрений. В травосмеси рекомендуется включать мятлик луговой на достаточно влагообеспеченных высокогумусированных низинных лугах на дерновых почвах с низкой степенью кислотности. Из верховых злаков в этих травостоях предпочтительны овсяница луговая и тимopheевка луговая.

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. ед. с 1 га.

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, ^{90}Sr – до 0,50 Ки/км²) в условиях Беларуси 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-глееватыми почвами, а клевер гибридный подходит для сенокосов на более увлажненных дерново-глеевых почвах.

Оптимальное содержание бобовых трав в составе бобово-злаковых травосмесей составляет 30–40 %, злаковых – 60–70 %. При таком соотношении злаковых и бобовых трав травостои 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. 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.

На территориях с высокой плотностью радиоактивного загрязнения (^{137}Cs – более 15 Ки/км²; ^{90}Sr – более 0,50 Ки/км²) при создании культурных лугов многоукосного использования необходимо формировать и чисто злаковые травостои, которые при применении умеренных доз азота по продуктивности и долголетию значительно превосходят бобово-злаковые.

При интенсивном уровне удобрения и регулировании водного режима исключается необходимость большого разнообразия травостоев, что упрощает их состав и сокращает количество включаемых в травосмеси видов трав. Если в дальнейшем (на третий–четвертый 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).

Осушенные земли. На осушенных землях поступление радионуклидов в растительную продукцию зависит от положения уровня грунтовых вод (УГВ). Для большинства торфяных, торфяно- и торфянистоглеевых почв минимальное поглощение растениями радионуклидов достигается при уровне грунтовых вод на глубине до 90 см от поверхности почвы. Подъем УГВ на глубину 40–50 см от поверхности почвы приводит к увеличению поступления радионуклидов в растения до 5 раз, а его снижение до 150–200 см – в 1,5–2,0 раза.

На землях с плотностью загрязнения почв ^{137}Cs более 5 Ки/км² в случае, когда при переустройстве осушительно-увлажнительных систем не обеспечивается регулирование УГВ, проводится замена затворов ковшового и коробчатого типов на более совершенные. Существующая регулирующая сеть углубляется, если не обеспечивается требуемая норма осушения.

Перед очисткой каналов определяется содержание радионуклидов в донных отложениях и на прилегающей местности. При содержании радионуклидов в илистых отложениях, незначительно превышающем их содержание в почве на прилегающей местности, очистка сети и разравнивание вынутого грунта осуществляется по обычной технологии. При плотности загрязнения почвы ^{137}Cs более 5 Ки/км² и превышении уровня загрязнения донных отложений над загрязнением почвы

окружающей местности более, чем на порядок, требуется захоронение вынутого грунта на глубину 0,7–0,8 м вблизи бровок канала.

На осушенных пойменных землях для снижения перехода радионуклидов в травы целесообразно устройство летних самотечных полей при соответствующем культуртехническом их обустройстве, засыпке вымоин и понижений.

Обработка почвы. К обработке почвы предъявляются следующие требования: соответствие глубины вспашки мощности гумусового слоя, хороший оборот пласта, глубокая заделка травянистой и древесной растительности, дернины, мелких древесных остатков, удовлетворительное крошение пласта. Выбор способа обработки почвы зависит от культуртехнического состояния участка, гранулометрического состава и увлажнения почвы, состояния дернины (мощности и связности), внесения удобрений (приложение 33).

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 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 второе выполняется по диагонали по отношению к первому, то есть под углом 45°. После разделки пласта проводится планировка поверхности ВП-3,6; ПВМ-5,0; ПВМ-3,0.

Обработка почвы низинных лугов с мощной 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. Затем проводится планировка поверхности и прикатывание.

При повторном залужении (перезалужении) суходольных и низинных лугов, если не планируется внесение органических и известковых

удобрений и луговые земли находятся в хорошем состоянии (нет кочек и поверхность выровнена), рекомендуется применять поверхностное фрезерование комбинированным агрегатом для залужения АПР-2,6 или обновлять травостой путем подсева в дернину травосмесей злаковых и бобовых трав комбинированной сеялкой МД-3,6.

Внесение мелиорантов и удобрений. Отличительной особенностью луговых трав является повышенное требование к элементам минерального питания, что связано с продолжительностью вегетационного периода и многократным использованием травостоя (сенокосение и сжатие). По потребности в макроэлементах 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 P_2O_5 , 20–25 и более K_2O .

В комплексе мероприятий по повышению урожайности и качественных показателей травостоя сенокосов и пастбищ решающая роль принадлежит минеральным, органическим и известковым удобрениям. Результаты многолетних исследований показали, что наиболее высокую отдачу можно получить при совместном их применении.

Известкование. При оптимальных значениях реакции почвенной среды отмечается минимальное поступление радионуклидов в луговые растения. Для луговых земель, загрязненных ^{137}Cs и ^{90}Sr , оптимальная величина pH находится в пределах: на дерново-подзолистых почвах – 5,2–6,2, на торфяных почвах – 4,6–5,5 для злаковых трав и 5,0–6,2 – для бобовых трав.

Известкование обеспечивает снижение поступления радионуклидов в луговые травы до 2 раз ^{137}Cs и до 3 раз ^{90}Sr , а также 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+}), улучшает ботанический состав травостоя, увеличивает в нем содержание кальция и фосфора.

Рекомендуемые дозы известковых удобрений (от 4,0 до 15,5 т/га), которые нужно вносить при перезалужении сенокосов и пастбищ, расположенных на дерново-подзолистых и торфяных почвах, представлены в таблице 7.

Таблица 7

**Средние дозы известковых материалов для известкования
кислых почв луговых земель**

Почва	рН в KCl	Доза CaCO_3 (т/га) при плотности загрязнения, Ки/км ²	
		цезий-137 – 1–5 стронций-90 – 0,15–0,30	цезий-137 > 5 стронций-90 > 0,3
Суглинистые	< 4,5	9,0	15,5
	4,6–5,0	8,0	13,5
	5,1–5,5	6,5	11,5
	5,6–6,0	4,5	7,5
Супесчаные	< 4,5	7,0	11,5
	4,6–5,0	6,0	10,0
	5,1–5,5	4,5	7,5
	5,6–6,0	3,5	5,0
Песчаные	< 4,5	6,0	9,0
	4,6–5,0	5,0	7,0
	5,1–5,5	4,0	5,0
Торфяные	< 4,0	19,0	19,0
	4,1–4,5	11,0	11,0
	4,6–5,0	6,5	6,5

Органические удобрения. При перезалужении сенокосов и пастбищ (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 почв). Органические удобрения на загрязненных радионуклидами почвах применяются в соответствии с имеющимися региональными технологиями их внесения при условии соблюдения обязательного радиационного контроля.

Наряду с органическими удобрениями, необходимо применять минеральные удобрения. На луговых землях 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 элементами питания, почвенными условиями, хозяйственным использованием и составом травостоя.

Наиболее эффективным на сенокосах и пастбищах является полное минеральное удобрение – азот, фосфор и калий. При этом на

пастбищных травостоях окупаемость удобрений прибавкой урожая выше, чем на сенокосах.

При сенокосном использовании луговых земель доза азотных удобрений под каждый укос не должна превышать 90 кг/га д. в., а при пастбищном использовании – не более 60 кг/га после каждого стравливания травостоя во избежание избыточного накопления нитратов и радионуклидов в корме.

Азотные удобрения вносят дробно, под каждый укос. Первый раз, чтобы избежать вымывания, их вносят весной в начале отрастания травостоя. Как правило, под третий укос дозы азота на 20–30 % ниже, чем под первый и второй. Бобово-злаковые травосмеси подкармливают, начиная со второго года жизни, дозами 40–90 кг/га. Чем старше травы, тем больше доза азота.

Злаковые травосмеси нуждаются в азотных удобрениях в большей степени. В первый год жизни, начиная со второго укоса, вносят 60–90 кг/га азота, а в последующие годы, в зависимости от числа укосов, до 150 кг/га. На эффективность удобрений влияет возраст травостоя. На травах третьего и четвертого года пользования 1 кг азотных удобрений дает прибавку 20–25 кг, а 7–8-летнего использования – 28–29 кг (в пересчете на абсолютно сухое вещество).

На торфяных почвах в год залужения отзывчивость луговых трав на азотное питание зависит от степени разложения торфа, ботанического состава образовавших его растений, водно-воздушного режима и агротехнических мероприятий. На торфяниках тростникового, осоково-тростникового и осокового происхождения азотные удобрения в период освоения (2 года) и в год залужения, как правило, не вносят. При определении потребности в азотных удобрениях учитывается, что за счет азота торфяной почвы при внесении фосфорных (60 кг/га) и калийных (180 кг/га) удобрений можно получить 50–70 ц/га сена.

Эффективным способом снижения поступления радионуклидов и нитратов в травяные корма являются медленнодействующие удобрения. Их применение в дозах 60–90 кг/га позволяет снизить на 10–30 % накопление ^{137}Cs и ^{90}Sr в растениях и получить на 30–50 % больше прибавку урожая, чем при использовании стандартных удобрений. При внесении медленнодействующих азотных удобрений с биологически

активными добавками (а также 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 с их стандартными формами.

На посевах многолетних злаковых трав эффективно применение препаратов на основе ассоциативных штаммов азотфиксирующих бактерий, что позволяет экономить 20–40 кг/га азота минеральных удобрений и снизить загрязнение урожая на 25–50 %.

Обязательным приемом перезалужения сенокосов и пастбищ, обеспечивающим увеличение урожайности, улучшение качества сена и пастбищного корма, снижение перехода радионуклидов, должно быть применение фосфорных и калийных удобрений.

Дозы фосфорных удобрений должны обеспечивать бездефицитный баланс, необходимый для питания луговых растений. Установлено снижение поступления радионуклидов из почвы в растительную продукцию при внесении фосфорных удобрений, особенно на луговых почвах с низким содержанием фосфатов. Фосфорные удобрения не только способствуют повышению урожая трав, но и закреплению ^{90}Sr за счет осаждения его фосфатами. Основные и дополнительные дозы фосфорных удобрений дифференцируются по типам почв, содержанию подвижного фосфора в почве и трем уровням плотности загрязнения радионуклидами: первый – содержание ^{137}Cs – 1–4,9 Ки/км² или ^{90}Sr – 0,15–0,29 Ки/км²; второй – содержание ^{137}Cs – 5,0–14,9 Ки/км² или ^{90}Sr – 0,30–0,99 Ки/км²; третий – содержание ^{137}Cs – 15,0–40,0 Ки/км² или ^{90}Sr – 1,0–3,0 Ки/км² (табл. 8).

Учитывая дефицит фосфорных удобрений и их высокую стоимость, рекомендуется на загрязненных радионуклидами сенокосах и пастбищах обеспечить внесение минимума фосфорных удобрений, необходимого для сбалансированного питания сельскохозяйственных культур с учетом содержания подвижных фосфатов в почве.

Нормативы потребности в фосфорных удобрениях на загрязненных радионуклидами луговых 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 – 1,0–4,9 ⁹⁰ Sr – 0,15–0,29	¹³⁷ Cs – 5,0–14,9 ⁹⁰ Sr – 0,30–0,99	¹³⁷ Cs – 15,0–40,0 ⁹⁰ Sr – 1,0–3,0
Дерново-подзолистые, дерновые	60 и менее	35	15	30	45
	61–100	30	10	20	30
	101–150	25	5	10	15
	151–250	10	–	5	10
	более 250	–	–	–	–
Торфяные	200 и менее	55	15	30	45
	201–300	40	10	20	30
	301–500	35	5	10	15
	501–800	20	–	5	10
	более 800	–	–	–	–

Основной агрохимический прием, ограничивающий поступление ¹³⁷Cs в травостой сенокосов и пастбищ, – применение повышенных доз калийных удобрений. Он связан с антагонистическим характером отношения цезия и калия в почвенном растворе и позитивным влиянием последнего на урожайность, особенно на низкообеспеченных подвижным калием (< 200 мг/кг почвы) дерново-подзолистых песчаных и торфяных почвах.

Основные и дополнительные дозы калийных удобрений дифференцируются по типам почв, содержанию подвижного калия в почве и трем уровням плотности загрязнения радионуклидами: первый – содержание ¹³⁷Cs – 1–4,9 Ки/км² или ⁹⁰Sr – 0,15–0,29 Ки/км²; второй – содержание ¹³⁷Cs – 5,0–14,9 Ки/км² или ⁹⁰Sr – 0,30–0,99 Ки/км²; третий – содержание ¹³⁷Cs – 15,0–40,0 Ки/км² или ⁹⁰Sr – 1,0–3,0 Ки/км² (табл. 9).

Интенсивное использование травостоев, особенно на торфяных почвах, обуславливает высокий уровень потребления калия (до 300 кг/га д. в.). На злаковых и злаково-бобовых травах первого-третьего года использования и при залужении сенокосов и пастбищ калийные удобрения вносятся на основе балансовых расчетов, позже – с учетом

выноса урожаям и обеспеченности почвы подвижным калием. Дозу калийных удобрений вносят в 2–3 приема, так как этот элемент из удобрений лучше используется, чем из почвы, и меньше накапливается в растениях. Как правило, первое внесение на сенокосах и пастбищах производят весной, второе и третье – после проведения укосов или стравливания скотом.

Таблица 9

Нормативы потребности в калийных удобрениях на загрязненных радионуклидами луговых 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 – 1,0–4,9 ⁹⁰ Sr – 0,15–0,29	¹³⁷ Cs – 5,0–14,9 ⁹⁰ Sr – 0,3–0,99	¹³⁷ Cs – 15,0–40,0 ⁹⁰ Sr – 1,0–3,0
Дерново-подзолистые, дерновые	80 и менее	80	40	80	120
	81–140	70	30	60	90
	141–200	60	20	40	60
	201–300	45	15	30	45
	более 300	–	–	–	–
Торфяные	200 и менее	100	40	80	120
	201–400	90	30	60	90
	401–600	80	20	40	60
	601–1000	60	10	20	30
	более 1000	–	–	–	–

В системе агрохимических приемов по возделыванию кормовых культур в условиях радиоактивного загрязнения особую значимость приобретают микроэлементы. При научно обоснованном внесении микроудобрений с учетом содержания их подвижных форм в торфяных почвах улучшается качество кормов злаковых и бобовых трав, продлеваются сроки их хранения.

6. ОСОБЕННОСТИ ОВОЩЕВОДСТВА В УСЛОВИЯХ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

В соответствии с РДУ-99, содержание ^{137}Cs в овощах и корнеплодах не должно превышать 100 Бк/кг. Согласно Техническому регламенту Таможенного союза «О безопасности пищевой продукции» (ТР ТС 021/2011) в овощах и корнеплодах, включая картофель, допустимый уровень содержания ^{137}Cs составляет 80 Бк/кг, ^{90}Sr – 40 Бк/кг. В связи с этим для размещения овощных культур подбираются наиболее окультуренные земельные участки с минимальной плотностью загрязнения почвы радионуклидами. При выращивании столовой свеклы и моркови плотность загрязнения дерново-подзолистых песчаных почв ^{137}Cs должна быть ниже 10 Ки/км². Возделывание овощных культур на зелень, особенно щавеля, при загрязнении почв ^{137}Cs свыше 5 Ки/км² не рекомендуется, непригодными являются торфяные почвы, характеризующиеся высокими параметрами перехода радионуклидов в растения.

Овощные культуры возделывают на самых плодородных почвах со слабокислой (рН 5,5–6,0) или нейтральной (рН 6,5–7,0) реакцией среды.

Овощные культуры возделывают в овоще-кормовых и полевых севооборотах. Основные правила при установлении чередования культур в севооборотах:

- органические удобрения вносятся под наиболее ценные культуры в дозе более 50 т/га. На второй и третий год после внесения органических удобрений размещают культуры, у которых при возделывании по свежеснесенному навозу снижается качество продукции или затягивается созревание;

- после требовательных к содержанию элементов питания и влаги культур размещают менее требовательные;

- представители одного и того же семейства не должны возвращаться на данное поле до истечения срока сохранения в почве возбудителей болезней и вредителей, специфических для данного семейства растений;

- раносозревающие культуры служат предшественниками для рано высеваемых и высаживаемых овощных культур;

– культуры, для которых необходима нейтральная реакция почвы, следует размещать на поле, где проводилось известкование;

– сильно угнетаемые сорняками культуры возделывают после культур, агротехника и биологические особенности которых способствуют очищению полей от сорных растений.

Обработка почвы под овощные культуры после уборки предшественника включает лущение на глубину 6–8 см и зяблевую вспашку. На загрязненных радионуклидами землях возрастает значение глубокой обработки почвы, которая способствует перераспределению радионуклидов по всему пахотному горизонту и удалению их за пределы слоя 0–20 см, повышению эффективности борьбы с сорняками.

Первая весенняя культивация с последующим боронованием проводится в начале полевых работ на глубину 10–12 см, вторая – перед посевом семян или высадкой рассады на глубину 8–10 см. Поверхность поля при возделывании овощных культур обязательно выравнивают.

При возделывании овощных культур необходимо исключить операции по уходу за посевами, сопровождаемые пылеобразованием, чтобы предотвратить вторичное загрязнение растений радионуклидами.

Удобрение. Эффективным способом снижения поступления радионуклидов в овощную продукцию является применение органических и минеральных удобрений. Дозы внесения органических удобрений определяются степенью окультуренности почвы. При всех уровнях радиоактивного загрязнения рекомендуется использование только перепревшего навоза или торфонавозного компоста. Доза внесения органических удобрений при возделывании томатов, столовой свеклы, лука-репки, зеленных овощей – 40 т/га, при выращивании капусты – 70 т/га, огурцов – до 120 т/га (табл. 10).

Повышенный вынос из почвы элементов питания с урожаем овощных культур должен компенсироваться внесением минеральных удобрений. На почвах с низкой обеспеченностью подвижными формами фосфора и калия дозы фосфорных удобрений составляют 45–90 кг/га д. в., калийных удобрений – 90–120 кг/га. Дозы азотных удобрений зависят от планируемой урожайности культур и должны быть невысокими: для бобовых – до 30 кг/га д. в., для столовой свеклы, моркови, томатов, огурца, капусты – 60–90 кг/га.

**Рекомендуемые дозы органических удобрений
под овощные культуры, возделываемые на загрязненных
радионуклидами землях**

Культура	Дозы удобрений, т/га
Капуста	70
Томаты	40
Огурцы	120
Столловая свекла	40
Лук-репка	40
Зеленные овощи	40

Положительное влияние на снижение содержания радионуклидов и нитратов в овощной продукции обеспечивает применение под овощные культуры новых форм комплексных удобрений с добавками микроэлементов и биологически активных компонентов. Одностороннее применение азотных удобрений в повышенных дозах, особенно при недостатке фосфора и калия в почве, приводит к увеличению перехода радионуклидов в овощные культуры.

Под овощные культуры обязательно вносят микроудобрения. Для некорневых подкормок рекомендуется применять жидкие комплексные удобрения (ЖКУ).

Наибольший положительный эффект в уменьшении поступления радионуклидов в овощные культуры наблюдается при комплексном внесении органических удобрений и полного минерального удобрения.

Подбор сортов овощных культур обеспечивает снижение накопления радионуклидов в продукции в 2–3 раза. Особенно необходим подбор сортов при возделывании редиса, свеклы столовой, многолетнего лука, фасоли, гороха и бобов.

7. ЖИВОТНОВОДСТВО В УСЛОВИЯХ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

7.1. Задачи и основные принципы производства продукции животноводства

Основной задачей ведения животноводства в условиях радиоактивного загрязнения является получение животноводческой продукции, соответствующей требованиям республиканских допустимых уровней по содержанию радионуклидов. В системе мероприятий по снижению концентрации радионуклидов в продукции животноводства применяются следующие приемы:

- производство кормов с допустимым содержанием радионуклидов;
- изменение условий содержания и рационов кормления крупного рогатого скота, использование наименее загрязненных кормов на заключительной стадии откорма;
- введение в рацион специальных добавок, снижающих переход радионуклидов в продукты животноводства;
- технологическая переработка продуктов животноводства;
- перепрофилирование отраслей животноводства (замена молочного скотоводства на мясное или скотоводства на свиноводство, птицеводство).

Переход радионуклидов из кормов в продукцию животноводства зависит от состава рациона, полноценности кормления животных, их возраста, физиологического состояния, продуктивности. Из более полноценных рационов кормления животных, особенно по минеральным элементам питания, в животноводческую продукцию переходит меньшее количество радионуклидов. Поэтому при организации кормления вопросам сбалансированного питания животных следует уделять особое внимание. При этом необходимо учитывать, что в организме животных ^{137}Cs концентрируется главным образом в мышечной ткани, а ^{90}Sr – в костной.

На территории радиоактивного загрязнения осуществляется прогноз содержания радионуклидов в получаемой животноводческой продукции. Прогноз строится на учёте плотности загрязнения почв

сельскохозяйственных земель, коэффициентов перехода радионуклидов из почвы в корма, коэффициентов перехода радионуклидов из суточного рациона в 1 кг животноводческой продукции и республиканских допустимых уровней содержания в ней радионуклидов. В таблице 11 приведены средние значения коэффициентов перехода ^{137}Cs и ^{90}Sr (КП, % на 1 кг (л) продукта) из суточного рациона в молочную и мясную продукцию животноводства и их предельное содержание в рационах (Бк/сутки).

Таблица 11

Средние значения коэффициентов перехода радионуклидов из суточного рациона в молочную и мясную продукцию животноводства радионуклидов и их предельное содержание в рационах (Бк/сутки)

Вид продукции	Радионуклид			
	^{137}Cs		^{90}Sr	
	КП	Бк/сутки	КП	Бк/сутки
Молоко коровье	1,0	10000	0,14	2600
Говядина	4,0	12500	0,04	—
Свинина	25,0	720	0,10	—
Баранина	15,0	3333	0,10	—

Получение продукции животноводства, соответствующей требованиям РДУ-99, тесно связано с качеством кормов. Так, при несбалансированных рационах может наблюдаться повышенный переход ^{137}Cs до 1,1 % и ^{90}Sr до 0,8 % из рациона в молоко коров. Поэтому полноценное и сбалансированное питание сельскохозяйственных животных является не только необходимым условием повышения продуктивности, но и эффективным защитным мероприятием, обеспечивающим снижение содержания радионуклидов в продукции животноводства.

Уход за животными, ветеринарное обслуживание, кормление и содержание всех половозрастных групп скота и птицы, воспроизводство (размножение) проводятся по традиционным технологиям. Для сенокосения и выпаса скота необходимо выделение пастбищ, на которых проведено коренное улучшение. Выпас животных на пастбищах следует

начинать при отрастании травы не менее 10 см и проводить предпочтительно на улучшенных луговых землях (многолетние и однолетние травы, посевы озимых). Поение животных допускается из любых источников (рек, искусственных водоемов, колодцев). Не рекомендуется заготовка сена и выпас скота на территории лесов.

В стойловый период кормить молочно-продуктивных коров необходимо кормами только с пахотных земель (сено из сеяных трав). Включение в рацион сена с естественных луговых земель надо сокращать до минимума.

В случаях, когда выполнить это требование затруднительно, а также при отсутствии достаточных количеств окультуренных пастбищ для крупного рогатого скота, содержание ^{137}Cs в организме животных и молоке можно снизить путем применения цезий-связывающих препаратов (ферроцианидов) в дозах, указанных в таблице 12.

Таблица 12

**Применение в рационах препаратов и кормовых средств
для снижения перехода радионуклидов в продукцию животных**

Вид продукции	^{137}Cs		^{90}Sr			
	Ферроцианид (сорбент)		Сапропель		Трепел	
	доза препа- рата, г/сутки	КП, % на 1 кг (л)	доза препа- рата, г/сутки	КП, % на 1 кг (л)	доза препа- рата, г/сутки	КП, % на 1 кг (л)
Молоко коровье	3,0	0,3	100,0	0,19	100,0	0,19
Говядина	3,0	2,0	100,0	0,03	100,0	0,03
Баранина	1,0	7,0	30,0	0,08	30,0	0,08

Ферроцианидсодержащие препараты применяются в виде добавки в комбикорм, муку или мучную зерновую смесь. Комбикорма с ферроцианидсодержащим препаратом готовятся на комбикормовых заводах в соответствии с технологическими условиями. Суточная норма скармливания корове комбикорма или мучной зерновой смеси с ферроцианидом составляет 0,5 кг. Рекомендуется применять его как в

условиях пастбищного, так и стойлового содержания при недостатке кормов, отвечающих нормативным требованиям по содержанию ^{137}Cs . Для снижения накопления в продукции ^{90}Sr рекомендуется добавлять в рацион животных сапропель и трепел. Дозировка сапропеля и трепела зависит от вида животного. Включение указанных препаратов и кормовых средств позволяет уменьшить накопление радионуклидов в животноводческой продукции. Так, если при кормлении обычным рационом в молоко переходит около 1 % ^{137}Cs , то из рациона с ферроцианидом – 0,3 %.

7.2. Производство молока

Согласно требованиям РДУ-99, содержание ^{137}Cs в молоке и цельномолочной продукции на пищевые цели не должно превышать 100 Бк/л, ^{90}Sr – 3,7 Бк/л. Для получения такого молока при переходе ^{137}Cs около 1 % от суточного поступления с кормами, в рационе дойной коровы должно содержаться не более 10,0 кБк ^{137}Cs . Предельно допустимое содержание ^{90}Sr в суточном рационе дойных коров не должно превышать 2,6 кБк.

В пастбищный период концентрация ^{137}Cs в зеленой массе трав не должна превышать 185 Бк/кг, ^{90}Sr – 37 Бк/кг. Основным условием гарантированного получения молока в пределах требований РДУ-99 является использование кормов, получаемых на пахотных и улучшенных луговых землях, а также выпас дойного стада на культурных пастбищах.

В стойловый период суточный рацион для дойных коров составляется в соответствии с существующими нормативами потребности животных в питательных веществах и скармливания отдельных видов кормов. Примерный состав рациона для лактирующих коров с удоем 16–18 кг и предельно допустимые уровни радионуклидов в кормах приведены в таблице 13.

При загрязнении отдельных видов кормов выше предельно допустимых уровней нормирование в рационе радионуклидов производится за счет увеличения доли более чистых, прежде всего концентрированных кормов.

Таблица 13

**Примерный рацион для лактирующих коров живой массой
500 кг, суточным удоем 16–18 кг и предельно допустимое
содержание радионуклидов в стойловый период**

Вид корма	Масса, кг	Содержание ^{137}Cs , Бк/кг	Всего ^{137}Cs , Бк/сутки	Содержание ^{90}Sr , Бк/кг	Всего ^{90}Sr , Бк/сутки
Силос кукурузный	18	35	630	45	810
Сенаж злаковых трав	15	350	5250	75	1125
Сено	3	1300	3900	180	540
Комбикорм	5	20	100	13	65
Итого	—	—	9880	—	2540

При переработке молока в творог переходит 5,2–13 % ^{137}Cs и 16–35 % ^{90}Sr , в сливки – 4,5–10,0 и 2,2–4,7 % соответственно. В масло переходит около 1 % от исходного содержания радионуклида в молоке. Поэтому в молоке-сырье при переработке его на творог удельная активность ^{137}Cs не должна превышать 100 Бк/л, ^{90}Sr – 3,7 Бк/л, на масло – 370 и 18 Бк/л соответственно.

Для снижения содержания ^{90}Sr в молоке следует контролировать рационы по содержанию минеральных веществ, в особенности кальция, при необходимости вводить в рацион недостающие минеральные вещества. Для этого можно использовать местные источники минерального сырья (сапропель, трепел, фосфогипс и др.).

Зеленые корма. Основой летнего рациона сельскохозяйственных животных являются зеленые корма, которые используются в системах зеленого конвейера. На дерново-подзолистых суглинистых и супесчаных почвах при обеспеченности обменным калием 140–300 мг/кг использование зеленой массы большинства видов трав для получения цельного молока уровнем загрязнения почвы ^{137}Cs не лимитируется. Предельная плотность загрязнения почвы ^{137}Cs для люпина – 22 Ки/км², для многолетних злаковых трав на пойменных землях – 13 Ки/км², для трав естественных лугов – 11 Ки/км².

Использование зеленой массы существенно ограничивается плотностью загрязнения почвы ^{90}Sr . На дерново-подзолистых почвах при оптимальных агрохимических показателях для получения цельного молока предельная плотность загрязнения ^{90}Sr при возделывании зеленой массы лядвенца рогатого, кукурузы, многолетних злаковых трав, бобово-злаковых смесей составляет 0,5–0,8 Ки/км². Для трав естественных сенокосов, галеги восточной, пайзы, сорго, сорго-суданкового гибрида, суданской травы, чумизы, могоара, многолетних злаково-бобовых смесей плотность загрязнения не должна превышать 0,3–0,4 Ки/км². Возделывание зеленой массы гороха, клевера, люпина, люцерны ограничивается плотностью загрязнения 0,2–0,3 Ки/км².

Силос. Возделывание полевых культур на дерново-подзолистых суглинистых и супесчаных почвах при оптимальных агрохимических показателях на силос практически не ограничено плотностью загрязнения почвы ^{137}Cs , за исключением многолетних трав на пойменных землях и естественных сенокосах. Культивирование растений на силос существенно ограничивается плотностью загрязнения ^{90}Sr : для клевера, многолетних трав эта величина составляет 0,3–0,4 Ки/км², для бобово-злаковых смесей, кукурузы – 0,5–0,7 Ки/км².

Сено. При заготовке сена используют травы, выращиваемые при плотности загрязнения ^{137}Cs до 5 Ки/км² для многолетних трав естественных лугов и пойменных земель и до 13–19 Ки/км² для многолетних злаковых трав, многолетних злаково-бобовых смесей и клевера. Получение нормативно чистой продукции возможно при загрязнении почв ^{90}Sr до 0,4–0,6 Ки/км² при возделывании клевера, галеги восточной, многолетних злаково-бобовых смесей. Многолетние злаковые травы и лядвенец рогатый для заготовки сена можно возделывать при плотности загрязнения ^{90}Sr до 0,9–1,3 Ки/км².

Зерно. Предельное содержание в зерне ^{137}Cs – до 180 Бк/кг, ^{90}Sr – до 100 Бк/кг. Возделывание зерновых культур на фураж не ограничивается плотностью загрязнения почвы ^{137}Cs . Для использования на корм пригодно зерно, получаемое при плотности загрязнения ^{90}Sr до 2–3 Ки/км².

Солома. Предельное содержание ^{137}Cs в соломе до 330 Бк/кг, ^{90}Sr – до 185 Бк/кг. Использование соломы зерновых культур

не лимитируется плотностью загрязнения почв ^{137}Cs , но ограничивается плотностью загрязнения ^{90}Sr – не выше 1,0–1,3 Ки/км².

Корнеплоды. Предельное содержание в корнеплодах ^{137}Cs – до 160 Бк/кг, ^{90}Sr – до 37 Бк/кг. На дерново-подзолистых суглинистых и супесчаных почвах при обеспеченности подвижным калием 140–300 мг/кг использование зеленой массы большинства видов для получения цельного молока плотностью загрязнения ^{137}Cs не лимитируется.

При загрязнении отдельных видов кормов, превышающем предельно допустимые уровни, нормирование радионуклидов в рационе производится за счет увеличения доли более чистых, прежде всего концентрированных, кормов.

Для снижения содержания ^{90}Sr в молоке следует рассчитывать рационы не только по содержанию радионуклидов, но и по содержанию минеральных веществ и при необходимости вводить недостающие.

Предельно допустимые плотности загрязнения почв для получения молока с удельной активностью 100 Бк/л по ^{137}Cs и 3,7 Бк/л по ^{90}Sr приведены в приложениях 23, 24, 26 и 27.

Молоко-сырье для переработки на масло. Для получения молока-сырья при существующих нормативах по содержанию ^{137}Cs в зеленой массе, силосе, сенаже, зерне, соломе, сене (от 600 до 1850 Бк/кг) можно возделывать любые культуры на всех землях, находящихся в обороте.

Возделывание культур для получения молока-сырья ограничивается плотностью загрязнения ^{90}Sr . Практически нет ограничений по стронцию при возделывании зерновых культур и использованию зерна и соломы. Многолетние и однолетние бобовые культуры на зеленый корм, люцерну, люпин, клевер, горох необходимо размещать при плотности загрязнения ^{90}Sr не более 1,2–1,3 Ки/км². Многолетние злаковые травы на пойменных землях, вику, галегу восточную, многолетние бобово-злаковые смеси, сорго, пайзу на зеленый корм возможно возделывать при плотности загрязнения ^{90}Sr до 1,5–2,0 Ки/км². Вико-овсяную смесь, рапс яровой, горохо-овсяную смесь, многолетние злаковые травы, кукурузу, лядвенец рогатый на зеленый корм можно возделывать без ограничений на всех землях, находящихся в обороте.

7.3. Производство мяса (говядины, свинины, баранины, конины)

Допустимое содержание ^{137}Cs в говядине не должно превышать, согласно РДУ-99, 500 Бк/кг, по допустимым нормативам Таможенного союза – 200 Бк/кг. Для производства такой говядины общее содержание ^{137}Cs в суточном рационе не должно превышать 10 и 4,0 кБк соответственно. При нормативе Таможенного союза 200 Бк/кг предельно допустимое содержание ^{137}Cs в рационах должно быть дифференцировано в зависимости от возраста забиваемых на мясо животных. Так, предельно допустимое содержание ^{137}Cs в рационе 36-месячного животного составляет 4,0 кБк/сутки, в возрасте 18 месяцев – 6,0 кБк/сутки, а при забое в 6-месячном возрасте – только 2,0 кБк/сутки.

При невозможности обеспечить содержание ^{137}Cs в суточном рационе на уровне 4,0 кБк выращивание и откорм животных проводится в 2 этапа. На первом этапе кормление животных осуществляется на основе принятой в хозяйстве технологии без ограничений. В последние 2 месяца откорма используются рационы, в которых содержание ^{137}Cs составляет менее 4,0 кБк/сут. При откорме рекомендуется использовать кукурузный силос, сенаж из однолетних трав, корнеплоды, барду, концентраты.

В случае высокого содержания в рационе ^{137}Cs на заключительной стадии откорма рекомендуется применение ферроцианидных препаратов.

Для получения телятины и молодой говядины в соответствии с нормативными требованиями (< 500 Бк/кг) рекомендуется проводить выпас животных при предельно допустимом содержании ^{137}Cs в траве в зависимости от возраста молодняка при убое (табл. 14). Контроль рациона по содержанию ^{90}Sr при откорме крупного рогатого скота проводить нет необходимости, поскольку переход его в мышечную ткань не превышает 0,04 %.

Таблица 14

**Предельно допустимое содержание ^{137}Cs в пастбищном
корме для получения говядины, соответствующей
нормативу РДУ-99**

Возраст КРС, месяцев	Предельно допустимое содержание в травостое, Бк/кг
5	60
6	75
7	90
8	115
9–10	160
11–12	235
13–14	300
15–16	340
17–18	350

Для получения свинины в пределах требований РДУ-99 (180 Бк/кг) в суточном рационе животных содержание ^{137}Cs не должно превышать 720 Бк (табл. 15).

Таблица 15

Примерные суточные рационы для откорма свиней

Корм	Зимний период			Летний период		
	масса, кг	содержа- ние ^{137}Cs , Бк/кг	всего ^{137}Cs , Бк	масса, кг	содержа- ние ^{137}Cs , Бк/кг	всего ^{137}Cs , Бк
Концентраты (зерно)	3	90	270	3	90	270
Картофель	8	50	400	—		
Зеленая масса	—	—	—	10	25	250
Итого ^{137}Cs, Бк	—	—	670	—	—	520

Производство свинины в промышленном свиноводстве на территории радиоактивного загрязнения осуществляется с использованием комбикормов заводского изготовления, поэтому превышения концентрации радионуклидов в свинине выше требований РДУ не отмечается.

Для получения баранины в пределах допустимого уровня (500 Бк/кг) содержание ^{137}Cs в суточном рационе овец не должно превышать 3,3 кБк. Если корма соответствуют требованиям, предъявляемым для дойного стада, то их можно скормливать овцам без ограничений. Для получения баранины в пределах требований нормативов Таможенного союза (200 Бк/кг) содержание ^{137}Cs в суточном рационе овец не должно превышать 1,3 кБк.

Производство шерсти возможно без ограничений во всех сельскохозяйственных организациях на территории радиоактивного загрязнения.

Развитие продуктивного мясного направления отрасли коневодства в хозяйствах, расположенных на территории радиоактивного загрязнения, является перспективным, так как оно позволяет без существенных дополнительных затрат получить высококачественную конину, выращивать свёрхремонтный молодняк лошадей, пользующийся спросом на мировом рынке.

Лошади отличаются тем, что хорошо усваивают пастбищный корм, даже без подкормки, упитанность их при хорошем травостое быстро повышается. Очень эффективен нагул животных, который позволяет получать конину высоких кондиций на дешевом пастбищном корме при приросте живой массы 0,9–1,2 кг в сутки. Производство конины дешевле производства говядины в 1,6 раза, свинины – в 2,5 раза. С одной лошади за год можно получить 210–230 кг мяса, низкая себестоимость которого обусловлена незначительными затратами на оплату труда и расходом кормов на 1 кг прироста – 7,5–10 к. ед.

При содержании лошадей в капитальных строениях энергозатраты почти в 2 раза ниже, чем в молочном скотоводстве. Затраты труда на производство 1 ц конины менее 10 чел. дней. По мясной продуктивности лошади не уступают животным других видов. Убойный выход достигает 50–58 %, выход мякоти – 75 %.

Для развития коневодства и эффективного использования лошадей необходимо решить такие вопросы, как укрепление в хозяйствах кормовой и материально-технической базы, реконструкция существующих производственных построек, снабжение конным инвентарем. Пер-

спективы развития коневодства на загрязненных территориях – в создании новых специализированных конеферм. На этих коневодческих фермах производство конины может осуществляться по интенсивным малозатратным технологиям, что является существенным фактором снижения её себестоимости. При этом рост производства товарной конины может осуществляться как за счет повышения продуктивности, так и путем увеличения численности конепоголовья.

При выращивании лошадей на территории радиоактивного загрязнения важную роль играют параметры перехода радионуклидов из корма в организм животных, характеризующие уровень загрязнения конечной продукции. Данные параметры могут варьировать в зависимости от плотности загрязнения земель, структуры рационов и технологий содержания животных. Накопление радионуклидов различными тканями и органами тела животных происходит по-разному. Так, коэффициент перехода ^{137}Cs из корма в мясо лошадей в среднем составляет 7 %. Наименьшим накоплением радионуклида отличаются легкие, печень и селезенка. Предельное содержание ^{137}Cs в рационе лошадей для получения конины с концентрацией радионуклида не более 370 Бк/кг должно быть в количестве 5280 Бк/рацион.

Значения коэффициента перехода ^{137}Cs из сеного рациона в мясо лошадей более низкие и составляют около 5 %. Период полувыведения ^{137}Cs (время, в течение которого концентрация радионуклида в организме снижается в 2 раза) из организма взрослых лошадей составляет 35 суток, а молодняка – 24 суток.

На территории радиоактивного загрязнения технология производства товарной конины, отвечающей нормативным требованиям, должна состоять из 2-х этапов: на первом этапе используются корма с естественных, луговых и пойменных угодий с высокой плотностью загрязнения, а на втором (заключительном) – корма, позволяющие снизить удельную активность мышечной массы до принятых нормативных значений. Перед выгоном на пастбище конепоголовья формируются гурты в соответствии с половозрастными группами лошадей: конематки с подсосными жеребятами, молодняк старше года, взрослые рабочие лошади.

При контроле в рационе лошадей содержания радионуклидов учитывается наличие их в кормах, входящих в состав рациона, и коэффициенты перехода из рациона в продукцию. Величина коэффициента перехода может варьировать в зависимости от возраста лошадей и типа кормления.

Дифференцированный подход к нормативам содержания ^{137}Cs в рационах различных половозрастных групп лошадей, выращиваемых в хозяйствах, осуществляется двумя, различающимися по целям, путями: нормирование кормов и рационов, позволяющее на любом этапе технологического цикла получать продукцию, соответствующую РДУ-99, использование ферроцинсодержащих препаратов на заключительной стадии откорма. При этом общим для обоих путей требованием является получение продукции (конины), соответствующей нормативным значениям по содержанию ^{137}Cs . Использование первого пути, имеющего целью получение нормативной продукции на любом технологическом этапе продуктивного мясного коневодства (выращивание, нагул молодняка, заключительный откорм взрослых лошадей), предъявляет более высокие требования к содержанию радионуклидов в кормах.

7.4. Особенности рационов кормления крупного рогатого скота и оптимизация кормовой базы при производстве мяса до 200 Бк/кг по содержанию ^{137}Cs

Процесс поступления и накопления ^{137}Cs в мышечной ткани КРС многофакторный и зависит от плотности загрязнения территории радионуклидом, от организации кормопроизводства, систем кормления и содержания крупного рогатого скота при выращивании и откорме, структуры рационов кормления, видов кормов.

В ряде сельскохозяйственных организаций часть имеющихся кормов невозможно использовать для получения мяса с содержанием ^{137}Cs в пределах нормативных значений Технического регламента Таможенного союза «О безопасности пищевой продукции» ТР ТС 021/2011 – 200 Бк/кг. В этом случае необходимо использовать «предельно допустимое содержание радионуклида в рационе», а не только допустимые уровни содержания ^{137}Cs в отдельных видах

кормов. Кроме того, необходимо провести дифференциацию кормов с различным уровнем радиоактивного загрязнения на стадии их заготовки и хранения, что позволит уменьшить вероятность производства мяса КРС с содержанием ^{137}Cs более 200 Бк/кг.

Дифференцированное использование кормов в зависимости от содержания в них ^{137}Cs и дозиметрический контроль при постановке животных на заключительную стадию откорма являются основополагающими принципами организации ведения животноводства. При откорме животных при дифференцированном использовании кормов, загрязненных ^{137}Cs , применяется технология двухстадийного откорма, позволяющего на стадии выращивания и начальной стадии откорма использовать рационы с более высоким содержанием ^{137}Cs . Например, это могут быть рационы, составленные из кормов, выращенных на торфяных почвах. На заключительной стадии откорма, до убоя животных, с целью снижения содержания ^{137}Cs в мясе до 200 Бк/кг рекомендуется использовать условно «чистые» рационы, руководствуясь информацией, представленной в таблице 16.

При выборе допустимого содержания ^{137}Cs в рационе необходимо использовать показания прижизненной дозиметрии (предпочтительный вариант), либо учитывать содержание ^{137}Cs в предыдущем рационе кормления и предполагаемый срок до сдачи животных.

Рекомендуемое содержание ^{137}Cs в основных видах кормов для получения говядины с нормативным содержанием радионуклида 200 Бк/кг составляет: сено – 300 Бк/кг, солома – 80, сенаж – 100, силос – 80, зеленая масса – 80, зернофураж – 90 Бк/кг.

Для получения нормативной продукции на любом технологическом этапе мясомолочного скотоводства необходимо придерживаться допустимого содержания в суточном рационе (табл. 17).

В связи с этим основными мерами по сокращению рисков производства мяса крупного рогатого скота являются: оптимизация структуры сельскохозяйственных земель и совершенствование рационов для заключительной стадии откорма с учетом вышеупомянутых недостатков. Данные предложения имеют организационно-производственный характер и не требуют дополнительных финансовых затрат, что не ведет к росту себестоимости продукции.

Таблица 16

**Рекомендуемые сроки заключительной стадии откорма мясного скота для получения продукции (говядина), соответствующей
ТР ТС 021/2011 (200 Бк/кг)**

Начальное содержание ^{137}Cs в мышечной ткани, Бк/кг	Допустимое содержание ^{137}Cs в рационе, Бк/сутки	Сроки откорма, сутки
< 200	1000	не требуется
	2000	не требуется
	3000	не требуется
	3500	не требуется
250	1000	20
	2000	35
	3000	80
350	1000	50
	2000	70
	3000	130
500	500	70
	1000	80
	2000	110
750	500	105
	1000	115
	1500	125
	2000	145

Таблица 17

Максимальное допустимое содержание ^{137}Cs в рационе в зависимости от возраста КРС для получения говядины с нормативным содержанием радионуклида 200 Бк/кг

Возраст КРС, месяцев	Допустимое содержание в суточном рационе, Бк/сутки
4–6	400–700
6–9	800–1200
9–12	1300–1500
12–15	1600–2000
15–18	2100–3500
18–24	3700

7.5. Разведение пород мясного скота

Изменение специализации молочного скотоводства на мясное целесообразно в организациях, расположенных на низкоплодородных, заболоченных землях с плотностью загрязнения ^{137}Cs 15–40 Ки/км². Технология мясного скотоводства включает три взаимосвязанных производственных цикла:

первый – подсосное выращивание телят до 6–8-месячного возраста по системе корова–теленки, обеспечивающее хорошее развитие молодняка;

второй – выращивание молодняка для ремонта и воспроизводства собственного стада;

третий – доращивание и интенсивный откорм молодняка и выбракованного взрослого скота на мясо на рационах, включающих нормативно чистые корма или с применением сорбентов.

В специализированном мясном скотоводстве имеются хозяйства и фермы нескольких типов.

- Специализированные мясные хозяйства-репродукторы, занимающиеся выращиванием молодняка мясных пород, где телят выращивают на полном подсосе и реализуют в возрасте 8–10 месяцев в специализированные откормочные хозяйства. Удельный вес коров в стаде – 55–60 %, нетелей – 15–18 %.

- Специализированные (товарные) мясные хозяйства с полным циклом производства, в которых проводится воспроизводство стада, выращивание и откорм сверхремонтного молодняка в условиях внутрихозяйственной специализации. Молодняк на убой реализуют в возрасте 15–20 месяцев, живой массой 400–450 кг. Удельный вес коров и нетелей в стаде около 50 %.

- Отдельные мясные фермы в хозяйствах, где мясное скотоводство не является ведущей отраслью. Они могут иметь законченный оборот стада или специализироваться на выращивании молодняка до 6–8-месячного возраста с последующей продажей его в хозяйства по откорму.

Особенности нормированного кормления мясного скота зависят от направления продуктивности и технологии содержания. Животные мясных пород характеризуются высоким генетическим потенциалом

энергии роста, высокими убойными качествами и биологической полноценностью мяса. В основу нормирования рационов заложен принцип полноценного кормления по 22 показателям, что дает возможность удовлетворять потребность организма в питательных веществах и энергии в соответствии с физиологической потребностью. Для снижения затрат кормов и себестоимости продукции в летний период целесообразно максимально использовать траву пастбищ и зеленую массу сеяных трав.

Важно организовать полноценное кормление сухостойных стельных коров за 2 месяца до отела. В этот период происходит усиленный рост плода, и недостаточное поступление питательных веществ в организм матери может быть причиной рождения слаборазвитых телят. Кормление стельных коров должно быть организовано так, чтобы оно обеспечивало хорошую их упитанность ко времени отела и рождения жизнеспособных телят. Целесообразно применять обособленные нормы кормления для стельных сухостойных коров в последние 2 месяца до отела, для лактирующих коров в первой половине лактации и для коров во второй половине лактации и после отъема телят. В летний период коровы должны максимально использовать естественные луга. Для удлинения пастбищного сезона, что особенно важно для снижения затрат на содержание мясной коровы, необходимо предусматривать организацию зеленого конвейера на летне-осенние месяцы.

Коровы мясных пород благоприятные кормовые условия используют для накопления в теле запаса питательных веществ. С увеличением уровня кормления у них повышается живая масса, но молочность изменяется незначительно и только в первой половине лактации. Поэтому нормы кормления лактирующих коров дифференцируются только по живой массе и периоду лактации.

Ответственным в мясном скотоводстве является выращивание телят под матерями до 8-месячного возраста. Приплод целесообразнее всего получать в ранневесенние месяцы, когда молочность коров выше на 200–250 кг за лактацию, а живая масса телят в 8-месячном возрасте на 15–20 кг больше. Для сохранения высокого и стабильного прироста при снижении молочности коров, телят необходимо подкармливать растительными кормами с учетом биологических возможностей организма. С учетом постэмбрионального развития телят разработаны нормы и схемы их кормления при разной интенсивности выращивания.

При кормлении племенных быков основное внимание уделяется получению от них высококачественной спермы и длительному сохранению половой активности. Потребность быков-производителей в питательных веществах и энергии зависит от живой массы и интенсивности использования. В летний период быкам-производителям дают зеленую массу сеяных трав, сено и концентрированные корма. При наличии культурных пастбищ быков можно пасти, не снижая при этом нормы скармливания сена и концентратов.

Телят до 7–8-месячного возраста в мясном скотоводстве выращивают под матерями на полном подсосе. В первые 3–4 месяца после рождения основной продукт питания для них – это молоко матери. Потребность телят в сухом веществе до 4-месячного возраста составляет 1,5–2,2 кг, с 5 до 8 месяцев – 2,1–2,4 кг на 100 кг живой массы, в обменной энергии – 26–28 и 23–25 МДж соответственно. Переваримого протеина в возрасте 1–2 месяца необходимо при умеренном выращивании 105–109 г, при интенсивном – 108–112 г на 1 к. ед., в возрасте 3–5 месяцев – 108–113 и 110–114 г соответственно, в возрасте 6–8 месяцев – 110–113 и 113–114 г. С 15–20-суточного возраста телят приучают к поеданию сена и концентрированных кормов.

При выращивании и откорме молодняка на мясо целесообразно применять при зимнем стойловом содержании силосно-сенной, силосно-концентратный и сенажно-силосный типы рациона. В летний период большое значение имеет правильное использование естественных пастбищ. На период выгорания пастбищ необходимо организовать зеленый конвейер, в состав которого могут входить естественные пастбища, сеяные травы и сочные корма. При интенсивном выращивании в летний период можно применять пастьбу скота на культурных долготлетних пастбищах или использовать для кормления зеленую массу трав из системы зеленого конвейера и концентрированные корма. При выращивании и откорме молодняка КРС на площадках легкого типа нормы кормления целесообразно повысить на 10–12 %. К тому же на площадках можно практиковать однотипное кормление в зимний и летний периоды. Для однотипного кормления лучше подходят сухие и полувлажные кормовые смеси.

7.6. Ведение пчеловодства и звероводства

Пчеловодство можно вести без ограничений на всей территории радиоактивного загрязнения, где разрешена трудовая деятельность.

Для получения пушнины с содержанием радионуклидов в пределах нормативов количество ^{137}Cs в суточном рационе не должно превышать: для норки – 185 Бк, для лисицы – 3700 Бк, для песка – 4070 Бк, для соболя – 222 Бк. Возможно использование корма и с более высоким содержанием радионуклидов. Однако в этом случае в последние 1–3 месяца животных следует переводить на чистые корма.

7.7. Прудовое рыбоводство

Прудовое рыбоводство при кормлении рыб чистыми кормами ведется без ограничений. В случае недостатка кормов и перехода рыбы на естественное питание рекомендуется вносить 50 кг/га водной поверхности прудов суперфосфата и столько же аммиачной селитры дробными порциями (4–7 раз в сезон). Непременным условием при этих мероприятиях является внесение в пруд калийных удобрений по 50–70 кг/га (300–400 кг за сезон) и негашеной извести 70–80 кг/га (300 кг за сезон). Наличие в водной среде калия и кальция снижает накопление радиоактивных веществ гидробионтами, следовательно, и рыбой.

Высшая водная растительность (ряска малая, гречиха земноводная, рдест пронзеннолистный, элодея, хара) служит как биофильтр и должна занимать 15–20 % общей площади пруда. В выростных прудах необходимо проводить глубокую вспашку илов на 40–50 см, вносить по спущенному ложу пруда 300–400 кг/га калийной соли и до 1 т/га негашеной извести.

8. ВЕДЕНИЕ ЛИЧНЫХ ПОДСОБНЫХ ХОЗЯЙСТВ

8.1. Особенности производства продукции растениеводства

В настоящее время в составе личных подворий населения, проживающего на территории радиоактивного загрязнения, занято 60 тыс. га загрязненных радионуклидами земель, на которых производится около 70 % овощной продукции, составляющей рацион населения. До 80 % поступления ^{137}Cs в организм человека обусловлено потреблением молока и мяса. Сумма вклада картофеля и овощей в величину поступления ^{90}Sr в организм жителей составляет более 70 %, причем на долю овощей приходилось 20–30 % годового поступления этого радионуклида.

Выращивание картофеля и овощей. Средняя годовая физиологическая норма потребления овощей на одного человека составляет 126 кг (по 400 г в день), в том числе: капусты белокочанной – 25–38 кг, томатов – 25–35, моркови – 7–10, огурцов – 9–13, свеклы столовой – 6–10, лука и чеснока – 8–10, прочих (цветная и другие виды капусты, салат, сладкий перец, кабачки, редис, горох, пряные овощи) – 19–26 кг. Кроме того, рекомендуется потребление бахчевых в пределах 20 кг, картофеля – 120 кг.

Содержание ^{137}Cs и ^{90}Sr в клубнях картофеля не должно превышать 80 и 3,7 Бк/кг соответственно. В овощах нормируется только содержание ^{137}Cs , республиканский допустимый уровень – 100 Бк/кг.

Для размещения картофеля и овощных культур рекомендуются окультуренные участки с суглинистыми и супесчаными почвами и минимальной плотностью радиоактивного загрязнения. При выращивании корнеплодов столовой свеклы и моркови плотность загрязнения дерново-подзолистых песчаных почв ^{137}Cs должна быть менее 10 Ки/км². Не рекомендуется возделывать картофель на продовольственные цели на загрязненных радионуклидами торфяных почвах.

Подбор овощных культур и сортов с минимальным накоплением ^{137}Cs и ^{90}Sr является наиболее дешевым и доступным средством снижения поступления радионуклидов из почвы в урожай. Культуры по уровню накопления ^{137}Cs в продукции располагаются в порядке, приведенном в приложении 34.

Существенно снизить накопление радионуклидов в клубнях картофеля и овощных культурах можно путем подбора сортового состава.

Разные сорта одних и тех же овощных культур различаются по накоплению ^{137}Cs и ^{90}Sr в 2–3 раза. При подборе сортов для приусадебного участка рекомендуется придерживаться правила – высокоурожайные раннеспелые сорта накапливают радионуклидов меньше, чем позднеспелые сорта.

Наиболее эффективным способом снижения поступления радионуклидов в овощные культуры является совместное внесение органических и минеральных удобрений. На огороде или садовом участке рекомендуется один раз в 4–5 лет вносить доломитовую муку в дозах 40–50 кг/сотку (100 м²).

Доза внесения органических удобрений при возделывании томатов, столовой свеклы, лука-репки, зеленых овощей – 400 кг/сотку, при выращивании капусты и картофеля – 700 кг, огурцов – до 1200 кг/сотку.

Повышенный вынос элементов питания урожаем овощных культур должен компенсироваться внесением минеральных удобрений. На почвах с низкой обеспеченностью подвижными формами фосфора и калия дозы фосфорных удобрений должны быть не ниже 0,5–0,9 кг д. в. на 1 сотку, а калийных удобрений – 0,9–1,2 кг на 1 сотку.

Рекомендуемые дозы азотных удобрений следующие: для бобовых культур – до 0,3 кг д. в. на 1 сотку, для столовой свеклы, моркови, томатов, огурца, капусты – 0,6–0,9 кг д. в. на 1 сотку. Одностороннее применение азотных удобрений в повышенных дозах, особенно при недостатке фосфора и калия в почве, приводит к увеличению поступления радионуклидов в овощные культуры.

Под овощные культуры обязательно вносят микроудобрения. Примерные дозы микроэлементов при внесении их под основную обработку почвы: бор – 10–25 г, марганец – 15–30 г, медь – 30–80 г на сотку.

Выращивание ягодных культур. При возделывании ягодных культур на участках, загрязненных радионуклидами, следует учитывать то, что по накоплению ^{137}Cs они различаются в 2–5 раз. Необходимое условие их выращивания – это регулярное омолаживание посадок ягодных кустов.

Ягодные культуры по накоплению радионуклидов в ягодах располагаются в последовательности (по убывающей): земляника садовая > смородина черная > смородина красная > крыжовник. Нормативно чистую продукцию этих культур (70 Бк/кг по ^{137}Cs) можно получать при плотности загрязнения почв ^{137}Cs до 40 Ки/км².

Виды и сорта плодово-ягодных культур по накоплению радионуклидов существенно различаются, поэтому рекомендуется возделывать их на почвах с плотностью загрязнения ^{137}Cs до 20 Ки/км^2 и ^{90}Sr – менее $0,2 \text{ Ки/км}^2$. При более высокой плотности радиоактивного загрязнения рекомендуется проводить радиационный контроль получаемой продукции.

8.2. Особенности производства продукции животноводства

Создание сенокосов и пастбищ для молочного скота личных подсобных хозяйств. Планирование создания культурных сенокосов и пастбищ осуществляется комитетами по сельскому хозяйству и продовольствию облисполкомов применительно к населенным пунктам, в которых зарегистрировано производство молока со сверхнормативным содержанием радионуклидов. Сенокосами и пастбищами обеспечивается все поголовье коров в населенном пункте вне зависимости от места работы владельцев животных и других условий. Нормативная обеспеченность составляет $0,5 \text{ га}$ пастбищ и $0,5 \text{ га}$ сенокосов на одну корову.

Выполнение работ по созданию культурных сенокосов и пастбищ, выбор участков осуществляются в соответствии с требованиями «Инструкции о порядке организации и контроля работ по созданию и использованию улучшенных луговых земель для скота, находящегося в личном пользовании граждан, на территориях радиоактивного загрязнения», утвержденной постановлением Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь от 5 июня 2008 г. № 49 (Национальный реестр правовых актов Республики Беларусь, 2008 г., № 157, 8/18993).

За счет средств республиканского бюджета планируется финансирование затрат на приобретение и внесение азотных удобрений для подкормки созданных пастбищ в течение нормативного срока эксплуатации из расчета внесения $60 \text{ кг д. в. на га в год}$. Нормативный срок использования сенокосов и пастбищ – 5 лет .

Применение ферроцианидных препаратов. С целью снижения содержания ^{137}Cs в молоке и мясе для поголовья крупного и мелкого рогатого скота личных подсобных хозяйств могут использоваться комбикорма-концентраты с ферроцианидсодержащими препаратами (с ферроцином $\text{KFe}[\text{Fe}(\text{CN})_6]$). Комбикорм с массовой долей ферроцина $0,55\text{--}0,65 \%$ применяется в объеме:

- 0,5 кг ежедневно (утром) в течение лактационного периода дойным коровам;
- 0,5 кг ежедневно (утром) в течение 2–3 месяцев на заключительном этапе откорма крупного рогатого скота;
- 0,15 кг ежедневно (утром) в течение лактационного периода молочным козам;
- 0,15 кг ежедневно (утром) в течение 1,5–2 месяцев до убоя мелкого рогатого скота.

Не рекомендуется комбикорм с ферроцином скармливать животным одновременно со средствами, усиливающими перистальтику желудочно-кишечного тракта, и со слабительными, что снижает эффективность применения препарата.

Продукцию, полученную от животных, которым скармливали препараты с ферроцином, используют без ограничения при условии содержания ^{137}Cs в ней ниже допустимых уровней.

Козоводство на территории радиоактивного загрязнения.

Определяющим фактором загрязнения продукции козоводства является содержание радионуклидов в рационе. Допустимая концентрация ^{137}Cs в рационе, обеспечивающая получение продукции, отвечающей требованиям РДУ-99, составляет по 1000 Бк/сутки для молока и 1500 Бк/сутки – для мяса, ^{90}Sr – 185 Бк/сутки для молока.

Косвенными показателями, определяющими возможность получения нормативно чистой продукции, могут служить уровни радиоактивного загрязнения почв. На дерново-подзолистых и торфяных почвах получение продукции козоводства, отвечающей нормативным требованиям, возможно при загрязнении почв ^{137}Cs до 10 и 3,5 Ки/км² соответственно, ^{90}Sr – до 1 Ки/км².

Если загрязнение кормов радионуклидами не превышает предельно допустимого уровня, то суточный рацион для дойных коз составляется в соответствии с существующими нормами потребности животных в питательных веществах.

В пастбищный период концентрация ^{137}Cs в зеленой массе трав не должна превышать 125 Бк/кг, ^{90}Sr – 20 Бк/кг. Предпочтение для выпаса животных и заготовки кормов на зимний период должно отдаваться улучшенным сенокосам и пастбищам.

Эффективным способом снижения загрязнения ^{137}Cs продукции козоводства является использование в рационах кормовых добавок, в частности ферроцианидных препаратов, избирательно связывающих радионуклиды в желудочно-кишечном тракте животных. Комбикорм с ферроцианидами (0,6 %) применяют в объеме 0,15 кг ежедневно (утром) в течение лактационного периода молочным козам и в течение 1,5-2 месяцев до убоя.

Птицеводство на территории радиоактивного загрязнения.

При производстве мяса бройлеров, соответствующего требованиям РДУ-99, содержание ^{137}Cs в суточном рационе птицы не должно превышать 82 Бк. Такое же ограничение радиоактивного загрязнения суточного рациона должно соблюдаться и при кормлении кур-несушек. При этом содержание ^{137}Cs в яйце не превысит 22 Бк.

Скармливание взрослой птице комбикорма с допустимым содержанием ^{137}Cs (180 Бк/кг) возможно без ограничений, согласно типовым нормам.

Разведение водоплавающей птицы на загрязненных радионуклидами пастбищах с естественным травостоем, в поймах рек и на заболоченных местах в условиях личных подсобных и фермерских хозяйств может привести к повышенному содержанию радионуклида в мясе птицы.

В организм животных ^{137}Cs поступает с кормом и накапливается преимущественно в мышечной ткани. Коэффициенты перехода ^{137}Cs из 1 кг пастбищной травы в 1 кг мышечной ткани варьируют для гусей от 0,31 до 1,63, для уток – от 0,08 до 0,84 при традиционном способе вольтерно-выгульного содержания, используемого в личных подсобных хозяйствах. Колебание значений коэффициентов перехода обусловлено динамикой загрязнения пастбищной травы и физиологическими особенностями птицы в накоплении радионуклидов.

В соответствии с требованиями РДУ-99 для получения мяса водоплавающей птицы предельно допустимое содержание ^{137}Cs в 1 кг зеленого корма для гусей не должно превышать 110 Бк/кг, а для уток – 214 Бк/кг.

При содержании уток на территории с плотностью загрязнения ^{137}Cs для минеральных почв до 40 Ки/км², торфяных и лесных до 20 Ки/км² гарантировано получение мяса птицы в возрасте более 4 месяцев в соответствии с РДУ-99. Для гусей этот показатель составляет до 20 Ки/км² для минеральных почв и до 5 Ки/км² – для торфяных почв.

9. ПЕРВИЧНАЯ ПОДГОТОВКА И ПЕРЕРАБОТКА СЕЛЬСКОХО- ЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ

Технологическая и кулинарная обработка продукции растениеводства и животноводства позволяет в значительной степени сократить поступление ^{137}Cs и ^{90}Sr в организм человека. Выделяют три категории приемов обработки пищевого сырья:

- очистка поверхности путем мытья, споласкивания;
- избирательное удаление наиболее загрязненных частей продукта, например, снятие кожуры, удаление листьев, костей;
- глубокая переработка такими методами, как вымачивание, маринование, варка, изготовление творога и сыра, растительного масла.

Различные способы приготовления пищи могут приводить как к снижению, так и концентрированию радионуклидов в готовых к употреблению продуктах. Обезвоживание продуктов в результате сушки, вяления, вымораживания приводит к увеличению их удельной активности (*приложения 35–37*).

Механическая обработка. Несложные процедуры, такие как тщательная мойка овощей, фруктов, грибов, а также снятие кожуры позволяют снизить содержание в них радионуклидов в 1,3–1,5 раза. Из свежих и сушеных грибов основная часть активности ^{137}Cs и ^{90}Sr (до 80 %) удаляется путем вымачивания.

Предварительное вымачивание мелко нарезанного мяса в воде или в 4 %-ном растворе поваренной соли в течение 3 часов обеспечивает удаление из него 30–60 % ^{137}Cs . Для снижения потерь белка и улучшения вкусовых качеств при вымачивании мяса к солевому раствору можно добавлять уксусную кислоту (3–5 мл 70 % эссенции на 1 л раствора).

Термическая обработка пищевых продуктов без добавления воды (жарка) или если она добавляется в небольшом количестве (тушение), снижает содержание радионуклидов в готовом продукте на 15–20 % от исходного уровня. При варке в бульон переходит довольно большое количество радионуклидов, особенно ^{137}Cs . Предварительное бланширование в течение 10 мин. мелко нарезанных овощей дает возможность уменьшить их загрязнение радионуклидами в 2–3 раза.

Для снижения концентрации радионуклидов в мясе рекомендуется производить выварку (с добавлением поваренной соли) и удаление бульона из рациона человека. Так, при варке мяса (говядина, куры) в бульон переходит около 50 % ^{90}Sr и до 80 % ^{137}Cs .

Выход цезия-137 в бульон из костей составляет до 75 % от первоначального содержания. При этом максимальная интенсивность выхода радионуклидов в бульон наблюдается в первые 10 мин. варки. Удаление радионуклидов с бульоном из мяса взрослых животных происходит эффективнее, чем из мяса молодняка.

В отличие от ^{137}Cs , ^{90}Sr прочно удерживается в костной ткани и практически не удаляется с бульоном. Переход ^{90}Sr и ^{137}Cs из костей в бульон составляет 0,001–0,18 % и 65–80 % соответственно.

При варке потрошеной рыбы в бульон из тушки переходит 44 % ^{137}Cs . Выход его в бульон из мышц составляет 60 %, из костей – 74 % от первоначального содержания. Переход ^{90}Sr в бульон существенно ниже: из тушки рыбы – 0,8 %, из костей – 0,2–2 %, из мышц – 2 %.

При обжаривании мяса говядины, свинины, баранины, крольчатины снижение содержания ^{137}Cs составляет 20–30 %.

Жировые продукты могут содержать допустимые количества радионуклидов даже при очень высоких уровнях загрязнения мяса животных. Концентрация ^{137}Cs в жировой ткани в 4–10 раз ниже, чем в мышечной ткани. Перетапливание сала позволяет снизить концентрацию радионуклида еще в 20 раз.

Засолка, маринование. При засолке огурцов, капусты, грибов и т. д. в рассол переходит примерно половина радионуклидов, находящихся в перерабатываемом исходном сырье. Несколько меньший эффект наблюдается при изготовлении консервированных овощей и маринадов – снижение содержания ^{137}Cs составляет в среднем до 1,2 раза.

Уменьшить концентрацию радионуклидов в мясе можно длительным хранением его в виде солонины. После предварительного вымачивания мяса в воде и последующего выдерживания в 25-процентном рассоле (3 месяца) сваренное мясо загрязнено ^{137}Cs примерно в 10 раз ниже по сравнению с исходным уровнем. Маринование мяса дичи для улучшения его вкусовых качеств также способствует снижению содержания ^{90}Sr в 1,9 раза.

Переработка растительного сырья. Помол зерна пшеницы, ржи, ячменя в белую муку уменьшает содержание радионуклидов в конечном продукте в 2 раза, овса – в 3 раза. Переработка рапса на масло-сырец в промышленном масштабе позволяет уменьшить содержание ^{137}Cs в конечном продукте масле-сырце до 250 раз, ^{90}Sr – до 600 раз, а переработка зерновых на спирт практически исключает содержание радионуклидов в конечном продукте.

Очистка картофеля от кожуры снижает концентрацию ^{137}Cs и ^{90}Sr в очищенных клубнях на 20 %, а переработка его в крахмал уменьшает содержание радионуклидов в готовом продукте до 2 %.

Замена в пищевом рационе молока с повышенным содержанием радионуклидов, полученными из него продуктами, позволяет более чем в 10 раз снизить поступление радионуклидов в рацион человека. Переработка цельного молока в сливки, сметану, творог домашним способом снижает содержание радионуклидов в этих продуктах в 4–6 раз, а переработка такого молока на сыр (сычужный) и сливочное масло – в 8–10 раз.

При сепарировании молока около 85 % радионуклидов переходит в обезжиренное молоко, в 20-процентных сливках находится только ~15 % радионуклидов. В ходе дальнейшей переработки сливок для получения сливочного масла большая часть ^{90}Sr и ^{137}Cs удаляется в сыворотку и пахту, а в масле обнаруживается 1,3 и 2,3 % радионуклидов соответственно, находившихся в исходном загрязненном молоке. Топленое (русское) масло после перетопки сливочного масла практически не содержит радионуклидов.

В сыре, полученном из молочной сыворотки, остается от 74 до 96 % радионуклидов. В кислом сыре содержится до 12 %, а в сычужном – 4–23 % радионуклидов от содержания их в цельном молоке. По способности переходить из молока в творог при кислотном способе свертывания радионуклиды образуют ряд: $^{137}\text{Cs} > ^{90}\text{Sr}$. После промывки кислотного сгустка происходит эффективное вымывание из него ^{137}Cs , тогда как ^{90}Sr остается в сгустке.

10. ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

10.1. Организация и проведение контроля радиоактивного загрязнения

Контроль радиоактивного загрязнения осуществляется в соответствии с Законами Республики Беларусь, Положением о контроле радиоактивного загрязнения, утвержденным постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 20 февраля 2020 г. № 102 с учетом требований технических нормативных правовых актов Республики Беларусь (далее – ТНПА) к качеству и безопасности продовольственного сырья и продуктов питания, радиационной безопасности, методикам выполнения измерений и других документов.

Контроль радиоактивного загрязнения осуществляется в целях:

- обеспечения радиационной безопасности населения;
- заготовки, производства и реализации продукции и сырья с содержанием радионуклидов, не превышающим референтных уровней, установленных гигиеническими нормативами, иных нормативов предельно допустимого воздействия ионизирующего излучения;
- оценки радиационной обстановки и уровней воздействия ионизирующего излучения радионуклидов чернобыльского происхождения на человека;
- планирования и проведения защитных мероприятий на территории, подвергшейся радиоактивному загрязнению в результате катастрофы на Чернобыльской АЭС и оценки их эффективности.

На ведомственном уровне (Министерство сельского хозяйства и продовольствия) обеспечивается контроль радиоактивного загрязнения:

- почв сельскохозяйственных земель земельных участков, находящихся в пользовании, аренде организаций, крестьянских (фермерских) хозяйств, проводимый подразделениями радиационного контроля коммунальных унитарных предприятий и хозяйственных обществ, в уставных фондах которых акции (доли) принадлежат административно-территориальной единице или организации, имущество которой находится в собственности административно-территориальной

единицы, осуществляющих деятельность по проведению почвенно-агрохимических исследований;

- живых животных (крупный рогатый скот), продуктов животного и растительного происхождения, кормов, сырья, производимых сельскохозяйственными организациями, крестьянскими (фермерскими) хозяйствами, проводимый подразделениями радиационного контроля коммунальных унитарных предприятий и хозяйственных обществ, в уставных фондах которых акции (доли) принадлежат административно-территориальной единице или организации, имущество которой находится в собственности административно-территориальной единицы, осуществляющих деятельность по проведению почвенно-агрохимических исследований, и организаций, включенных в государственную ветеринарную службу;

- живых животных (крупный рогатый скот), продуктов животного и растительного происхождения, сырья, производимых сельскохозяйственными организациями, крестьянскими (фермерскими) хозяйствами, проводимый подразделениями радиационного контроля организаций, осуществляющих переработку или производство и переработку в целях реализации сельскохозяйственной продукции, и обеспечиваемый этими организациями;

- продуктов животного и растительного происхождения, в том числе дикорастущих грибов и ягод, мяса диких животных, реализуемых на рынках, проводимый подразделениями радиационного контроля организаций, включенных в государственную ветеринарную службу.

Контроль радиоактивного загрязнения осуществляется подразделениями контроля по территориально-отраслевому принципу на всей территории Республики Беларусь.

Контроль радиоактивного загрязнения и выдача документов о результатах контроля радиоактивного загрязнения осуществляются организациями, которые имеют аккредитацию или удостоверение оценки качества выполнения измерений подразделениями радиационного контроля.

Контроль радиоактивного загрязнения сельскохозяйственной продукции и пищевых продуктов обеспечивается республиканскими органами государственного управления, другими организациями, индивидуальными предпринимателями и иными гражданами, осуществляющими

их производство, заготовку (закупку) и переработку в целях реализации, а также их реализацию.

К проведению контроля радиоактивного загрязнения допускаются специалисты, прошедшие в установленном порядке специальную подготовку в области контроля радиоактивного загрязнения и повышающие квалификацию не реже одного раза в пять лет на отраслевых курсах повышения квалификации.

Руководители организаций, другие юридические и физические лица привлекаются к ответственности за выпуск и реализацию продукции с превышением допустимых уровней контролируемых параметров в установленном законодательством порядке.

Должностные лица привлекаются к ответственности за нарушение методик выполнения измерений, правил применения средств измерений, а также за умышленное искажение или сокрытие информации о результатах контроля радиоактивного загрязнения в установленном законодательством порядке.

В приложении 38 приведен рекомендуемый табель оснащения средствами измерений и оборудованием подразделений контроля радиоактивного загрязнения системы Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь.

10.2. Требования радиационной безопасности в растениеводстве и животноводстве

Вредными радиационными факторами при выполнении работ в растениеводстве являются:

- ионизирующие излучения почвы, растений, машинно-тракторных агрегатов, загрязненных рабочих мест и обтирочных материалов;
- радионуклиды, содержащиеся в органической и минеральной пыли.

С целью уменьшения дозы облучения механизированные работы проводятся с использованием техники, удовлетворяющей «Временным требованиям к обеспечению защиты кабин самоходных сельскохозяйственных машин от проникновения в них радиоактивных, химических и других вредных веществ».

Места проведения сельскохозяйственных работ (поля, участки, объекты и т. п.) должны быть обследованы на радиоактивное загрязнение с определением мест отдыха с минимальным уровнем загрязнения.

При производстве работ на машинно-тракторных агрегатах не допускается использование рабочих мест вне кабины. Если на поле работает несколько агрегатов, следует избегать взаимного запыления их друг другом.

Во время перерывов в работе отдыхать следует в специально отведенных местах или передвижных пунктах.

Вредными радиационными факторами при выполнении работ в животноводстве являются:

- ионизирующее излучение от загрязненных почв, кормов, животных, подстилки, навоза, машин и механизмов;
- радионуклиды, содержащиеся в органической и минеральной пыли.

Операции по уходу за животными, приготовлению и раздаче кормов должны быть максимально механизированы.

В помещениях по приготовлению кормов оборудование (дробилки, измельчители, дозаторы, смесители) должно быть оснащено респирационными устройствами. По мере накопления пыли на оборудовании и площадках, но не реже одного раза в неделю, должна производиться их влажная уборка.

10.3. Требования радиационной безопасности при эксплуатации техники

Вредными радиационными факторами при эксплуатации техники, выполнении работ по ее ремонту и обслуживанию являются:

- ионизирующее излучение от загрязненных машин и оборудования, рабочих мест, отработанных фильтров, масел и обтирочных материалов;
- радионуклиды, содержащиеся в органической и минеральной пыли.

Отличительной особенностью эксплуатации, ремонта и обслуживания сельскохозяйственной техники является необходимость

контроля уровня ее загрязнения и снижение его дезактивационными мероприятиями до допустимых уровней. Контролю подвергаются:

- рабочие места механизаторов в кабине;
- наружные поверхности тракторов и самоходных машин в местах обслуживания;
- прицепные и навесные машины в местах обслуживания и контроля технологического процесса.

10.4. Санитарно-гигиенические мероприятия

Для лиц, выполняющих сельскохозяйственные работы в условиях радиоактивного загрязнения земель, предусмотрено приобретение спецодежды и индивидуальных средств защиты согласно Перечню средств индивидуальной защиты для работников сельскохозяйственных предприятий, расположенных в зонах радиоактивного загрязнения, и Инструкции о порядке обеспечения средствами индивидуальной защиты работников сельскохозяйственных предприятий агропромышленного комплекса, расположенных в зонах радиоактивного загрязнения.

В соответствии с Инструкцией о порядке обеспечения работников средствами индивидуальной защиты, утвержденной постановлением Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь от 30 декабря 2008 г. № 209 с целью обеспечения безопасных условий труда работникам сельскохозяйственных организаций, работающим на территориях с плотностью загрязнения цезием-137 от 185 кБк/кв. м (от 5 Ки/кв. км) и более или стронцием-90 от 18,5 кБк/кв. м (от 0,5 Ки/кв. км) и более, планируется выдача второго комплекта средств индивидуальной защиты, а именно спецодежды и средств индивидуальной защиты согласно действующим отраслевым типовым нормам выдачи средств индивидуальной защиты.

Количество поставляемых сельскохозяйственной организации (в т.ч. К(Ф)Х) комплектов спецодежды и средств индивидуальной защиты планируется исходя из численности штатных работников, работающих на территориях с плотностью загрязнения цезием-137 от 185 кБк/кв. м (от 5 Ки/кв. км) и более или стронцием-90 от 18,5 кБк/кв. м (от 0,5 Ки/кв. км) и более, а также утвержденных сроков носки второго комплекта спецодежды.

При планировании объемов финансирования для приобретения второго комплекта спецодежды и индивидуальных средств защиты учитывается оплата доставки спецодежды и средств индивидуальной защиты до сельскохозяйственных организаций.

Потребность определяется заказчиком на основании заявок сельскохозяйственных организаций, утверждается и с учетом требуемого финансирования направляется в Департамент.

Оплата за весь комплекс работ по мероприятию проводится в год их выполнения.

Санитарно-бытовые помещения должны быть оборудованы согласно требованиям СНиП 2.09.04-87. *«Административные и бытовые здания»*, *«Основные санитарные правила работы с радиоактивными веществами и другими источниками ионизирующих излучений ОСП-2002»*.

Проход в санитарно-бытовые помещения должен быть организован через специальную систему обмыва обуви.

В помещении гардеробной ежедневно должна проводиться влажная уборка. Сухая уборка помещений запрещается (кроме вакуумной). Полная уборка с мытьем стен, полов, дверей, шкафов проводится регулярно, но не реже одного раза в месяц.

Руководители и специалисты несут ответственность за обеспечение таких условий, при которых после рабочей смены каждый работник мог бы тщательно вымыть голову и тело теплой водой с мылом. Недопустимо использование для мытья дождевой воды. Свежие загрязнения, находящиеся на коже 1–2 часа, удаляются любым моющим средством.

Прием пищи в полевых условиях должен быть организован с соблюдением правил личной гигиены в передвижных закрытых пунктах питания, оборудованных столами, стульями, умывальниками и другим необходимым инвентарем.

Для перевозки людей к месту работы используются автобусы или другие транспортные средства с уплотнением дверей и окон, с исправными вентиляционными устройствами. Внутри салона должна производиться ежедневная влажная уборка.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Республиканские допустимые уровни содержания радионуклидов цезия-137 и стронция-90 в пищевых продуктах и питьевой воде (РДУ-99)*

№ п/п	Наименование продукта	Бк/кг, Бк/л
Для цезия-137		
1.	Вода питьевая	10
2.	Молоко и цельномолочная продукция	100
3.	Молоко сгущенное и концентрированное	200
4.	Творог и творожные изделия	50
5.	Сыры сычужные и плавленые	50
6.	Масло коровье	100
7.	Мясо и мясные продукты, в том числе:	
7.1.	говядина, баранина и продукты из них	500
7.2.	свинина, птица и продукты из них	180
8.	Картофель	80
9.	Хлеб и хлебобулочные изделия	40
10.	Мука, крупы, сахар	60
11.	Жиры растительные	40
12.	Жиры животные и маргарин	100
13.	Овощи и корнеплоды	100
14.	Фрукты	40
15.	Садовые ягоды	70
16.	Консервированные продукты из овощей, фруктов и ягод садовых	74
17.	Дикорастущие ягоды и консервированные продукты из них	185
18.	Грибы свежие	370
19.	Грибы сушеные	2500
20.	Специализированные продукты детского питания в готовом для употребления виде	37
21.	Прочие продукты питания	370
Для стронция-90		
1.	Вода питьевая	0,37
2.	Молоко и цельномолочная продукция	3,7
3.	Хлеб и хлебобулочные изделия	3,7
4.	Картофель	3,7
5.	Специализированные продукты детского питания в готовом для употребления виде	1,85

Примечание: Для продуктов питания, потребление которых составляет менее 5 кг/год на человека (специи, чай, мед), устанавливаются допустимые уровни, в 10 раз более высокие, чем установленные величины для прочих пищевых продуктов.

* Действие РДУ-99 продлено Постановлением Главного государственного санитарного врача Республики Беларусь от 16 мая 2001 г. № 26 «Об утрате силы подпункта 1.2 пункта 1 Республиканских допустимых уровней содержания радионуклидов цезия и стронция в пищевых продуктах и воде (РДУ-99)».

Республиканские допустимые уровни содержания цезия-137 и стронция-90 в сельскохозяйственном сырье и кормах для переработки на пищевые цели

Для переработки на пищевые цели допускается прием на перерабатывающие предприятия:

Продукция	Содержание, Бк/кг	
	Цезий-137	Стронций-90
Молоко для переработки на:		
• сливочное масло	370	18
• цельномолочные продукты	100	3,7
• молоко сухое и концентрированное	30	3,7
Мясо:		
• говядина, баранина	500	Не нормируется
• свинина, птица	180	Не нормируется
Растительное сырье:		
• овощи	100	Не нормируется
• фрукты	40	Не нормируется
• садовые ягоды	70	Не нормируется
• зерно	90	11
• зерно на детское питание	55	3,7
Прочее сырье	370	Не нормируется

Примечание: допустимые уровни содержания цезия-137 и стронция-90 в сельскохозяйственном сырье и кормах вводятся на срок действия РДУ-99

**Республиканские допустимые уровни содержания цезия-137 и
стронция-90 в различных видах кормов для получения
различных видов конечной продукции**

Виды кормов	Содержание, Бк/кг				
	Цезий-137			Стронций-90	
	молоко цельное*	молоко- сырье для пе- рера- ботки на масло	мясо, за- ключи- тельный откорм	молоко цельное	молоко- сырье для пе- рера- ботки на масло
Сено	1300	1850	1300	260	1300
Солома	330	900	700	185	900
Сенаж	500	900	500	100	500
Силос	240	600	240	50	250
Корнеплоды	160	600	300	37	185
Зерно на фураж, комбикорм	180	600	480	100	500
Зеленая масса	165	600	240	37	185
Хвойная, травяная мука, дробина пив- ная, жом, патока, барда, мясокостная мука	900	—	—	—	—
Мезга, молочные продукты (обрат)	600	—	—	—	—
Прочие виды кормов	900	—	—	—	—

Примечание: корма для производства молока-сырья для переработки на сыры и творог, а также для откорма свиней и птицы должны соответствовать тем же требованиям.

**Допустимые уровни радионуклидов цезия-137 и стронция-90
(приложение 4 к техническому регламенту Таможенного союза
«О безопасности пищевой продукции») (ТР ТС 021/2011)**

№ п/п	Группы продуктов питания	Удельная активность цезия-137, Бк/кг (л)	Удельная активность стронция-90, Бк/кг (л)
1.	Мясо, мясная продукция и субпродукты	200	—
2.	Оленина, мясо диких животных	300	—
3.	Рыба и рыбные продукты	130	100
4.	Рыба сушеная и вяленая	260	—
5.	Молоко и продукты переработки молока (кроме сгущенных, концентрированных, консервов, сухих, сыров и сырных продуктов, масла и масляной пасты из коровьего молока, сливочно-растительного спреда и сливочно-растительной топленой смеси, концентратов молочных белков, лактулозы, сахара молочного, казеина, казеинатов, гидролизатов молочных белков)	100	25
6.	Концентраты молочных белков, лактулоза, сахар молочный, казеин, казеинаты, гидролизаты молочных белков	300	80
7.	Продукты переработки молока сухие, сублимированные	500	200
8.	Сыры и сырные продукты	50	100
9.	Продукты переработки молока концентрированные, сгущенные; консервы молочные, молочные составные, молокосодержащие	300	100
10.	Масло, паста масляная из коровьего молока, молочный жир	200 (для молочного жира 100)	60 (для молочного жира 80)
11.	Сливочно-растительный спред, сливочно-растительная топленая смесь	100	80
12.	Питательные среды сухие на молочной основе	160	80
13.	Овощи, корнеплоды включая картофель	80 (600*)	40 (200*)
14.	Хлеб и хлебобулочные изделия	40	20
15.	Мука, крупы, хлопья, макаронные изделия	60	—

Продолжение приложения 4

№ п/п	Группы продуктов питания	Удельная активность цезия-137, Бк/кг (л)	Удельная активность стронция- 90, Бк/кг (л)
16.	Дикорастущие ягоды и консервированные продукты из них	160 (800*)	–
17.	Грибы свежие	500	–
18.	Грибы сушеные	2500	–
19.	Специализированные продукты детского питания в готовом для употребления виде <*>	40	25
20.	Масла растительные	40	80
21.	Масла (жиры) перезетерифицированные рафинированные дезодорированные; масла (жиры) гидрогенизированные рафинированные дезодорированные; маргарины; жиры специального назначения, в том числе жиры кулинарные, кондитерские, хлебопекарные; заменители молочного жира; эквиваленты масла какао, улучшители масла какао SOS-типа, заменители масла какао POP-типа, заменители масла какао нетемперируемые, спреды растительно-жировые, смеси топленые растительно-жировые, соусы на основе растительных масел, майонезы, соусы майонезные, кремы на растительных маслах	60	80
22.	Спреды растительно-сливочные, смеси топленые растительно-сливочные	100	80

Примечание: Для сублимированных продуктов удельная активность определяется в восстановленном продукте;

* Допустимый уровень в сухом продукте.

**Допустимые уровни содержания цезия-137 и стронция-90
в кормах, кормовых добавках и сырье для производства
комбикормов***

Виды кормов	Содержание, Бк/кг				
	цезий-137			стронций-90	
	1	2	3	4	2
Сено	1300	1850	1300	260	1300
Солома	330	900	700	185	900
Сенаж	500	900	500	100	500
Силос	240	600	240	50	250
Корнеплоды	160	600	300	37	185
Зерно на фураж, комбикорм	180	600	480	100	500
Зеленая масса	165	600	240	37	185
Хвойная, травяная мука, дробина пивная, жом, патока, барда, мясо-костная мука	900	—	—	—	—
Мезга, молочные продукты (обрат), заменители молочных продуктов	600	—	—	—	—
Прочие виды кормов	900	—	—	—	—
Комбикорма для рыбы	200			140	
Корма для пушных зверей	200			140	
Корма для непродуктивных животных (собаки, кошки, декоративные птицы, аквариумные рыбки и др.)	600			100	

Примечания:

*Утверждены постановлением Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь 10 февраля 2011 г. № 10 «Об утверждении Ветеринарно-санитарных правил обеспечения безопасности в ветеринарно-санитарном отношении кормов и кормовых добавок» (в редакции постановлений Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь от 20 мая 2011 г. № 33; от 28 июля 2011 г. № 49; от 10 сентября 2014 г. № 48; от 10 июня 2016 г. № 23; от 5 февраля 2018 г. № 9; от 16 февраля 2018 г. № 16; от 23 февраля 2018 г. № 33).

1. Для кормления коров, молоко от которых используется в виде цельного молока, для изготовления сыров и творога, а также для откорма свиней и птицы.

2. Для кормления коров, молоко от которых используется для изготовления масла.

3. Для кормления крупного рогатого скота при заключительном откорме.

4. Для кормления коров, молоко от которых используется в виде цельного молока, для изготовления сыров и творога.

**Средневзвешенная агрохимическая характеристика
минеральных почв сельскохозяйственных земель,
загрязненных радионуклидами ($^{137}\text{Cs} > 1 \text{ Ки/км}^2$)**

Область	Пахотные земли*				Улучшенные луговые земли*			
	pH _{KCl}	мг/кг почвы		гумус, %	pH _{KCl}	мг/кг почвы		гумус, %
		P ₂ O ₅	K ₂ O			P ₂ O ₅	K ₂ O	
Брестская	5,72	181	192	2,62	5,88	115	167	3,00
Гомельская	5,91	231	234	2,31	6,02	155	176	2,81
Гродненская	5,61	212	145	1,99	5,78	112	135	2,72
Минская	5,79	162	214	2,26	5,86	110	182	2,72
Могилевская	5,82	183	241	2,02	5,88	126	175	2,31
Беларусь	5,87	212	233	2,23	5,97	144	174	2,71

* Не включая торфяно-болотные почвы

**Распределение загрязнённых радионуклидами
($^{137}\text{Cs} > 1 \text{ Ки/км}^2$) почв сельскохозяйственных земель
по группам кислотности (pH_{KCl})**

Область	По группам кислотности, %						
	< 4,50	4,51– 5,00	5,01– 5,50	5,51– 6,00	6,01– 6,50	6,51– 7,00	> 7,00
<i>Пахотные земли</i>							
Брестская	2,8	4,9	21,3	30,9	30,2	7,3	2,6
Гомельская	1,1	5,3	18,2	29,0	28,2	16,3	1,8
Гродненская	2,9	6,9	26,0	28,9	27,7	5,2	2,4
Минская	2,0	7,1	19,0	31,6	33,9	6,2	0,1
Могилевская	3,5	8,6	17,5	26,5	30,3	12,4	1,3
Беларусь	2,0	6,6	18,2	28,5	28,9	14,3	1,6
<i>Улучшенные луговые земли</i>							
Брестская	1,9	9,1	20,9	29,3	23,7	10,0	5,0
Гомельская	1,5	5,3	16,5	24,4	24,5	22,5	5,4
Гродненская	4,3	8,0	22,5	22,7	19,7	16,2	6,6
Минская	1,0	5,7	18,9	29,8	33,9	10,6	0,2
Могилевская	3,7	8,1	15,2	23,8	31,0	16,5	1,7
Беларусь	2,0	6,2	16,8	24,7	26,0	19,8	4,4

**Распределение загрязненных радионуклидами ($^{137}\text{Cs} > 1 \text{ Ки/км}^2$)
минеральных почв сельскохозяйственных земель
по группам содержания гумуса**

Область	Распределение (в %) по группам содержания гумуса					
	< 1,00	1,01–1,50	1,51–2,00	2,01–2,50	2,51–3,00	> 3,01
<i>Пахотные земли</i>						
Брестская	0,5	7,1	17,0	14,4	10,4	50,5
Гомельская	0,1	4,3	27,6	34,1	17,2	16,7
Гродненская	0,7	23,1	33,2	21,4	12,4	9,2
Минская	0,0	3,7	31,6	34,9	16,5	13,3
Могилевская	0,6	17,9	35,9	24,9	12,6	8,2
Беларусь	0,3	8,6	30,1	30,6	15,5	14,9
<i>Улучшенные луговые земли</i>						
Брестская	0,3	2,7	4,1	5,1	6,4	81,4
Гомельская	0,2	1,9	9,2	15,4	14,7	58,6
Гродненская	0,4	4,8	14,0	12,3	12,9	55,6
Минская	0,0	1,2	9,5	23,6	21,0	44,7
Могилевская	0,9	11,4	25,2	23,2	13,8	25,5
Беларусь	0,3	3,8	12,2	16,7	14,4	52,6

**Распределение загрязненных радионуклидами ($^{137}\text{Cs} > 1 \text{ Ки/км}^2$)
почв сельскохозяйственных земель по группам содержания
подвижных форм фосфора**

Область	По группам содержания P_2O_5 , мг/кг почвы, %					
	< 60	61–100	101–150	151–250	251–400	> 400
<i>Пахотные земли</i>						
Брестская	4,7	16,7	23,2	36,9	17,7	0,8
Гомельская	3,8	9,8	14,8	31,8	29,6	10,2
Гродненская	4,9	14,4	18,2	30,8	19,7	11,9
Минская	12,3	18,4	22,2	32,4	13,9	0,8
Могилевская	4,8	16,3	26,3	31,5	18,3	2,9
Беларусь	4,5	12,3	18,8	31,8	25,1	7,4
<i>Улучшенные луговые земли</i>						
Брестская	234	32,3	22,9	16,3	4,8	0,2
Гомельская	17,2	25,3	19,7	20,8	11,9	5,1
Гродненская	41,1	22,6	15,3	13,9	3,6	3,4
Минская	31,7	27,4	20,7	15,3	4,8	0,1
Могилевская	28,9	24,8	19,1	17,3	8,6	1,2
Беларусь	21,2	25,6	19,6	19,5	10,3	3,8

**Распределение загрязненных радионуклидами ($^{137}\text{Cs} > 1 \text{ Ки/км}^2$)
почв сельскохозяйственных земель по группам
содержания подвижных форм калия**

Область	По группам содержания K_2O мг/кг почвы, %					
	< 80	81–140	141–200	201–300	301–400	> 400
<i>Плохотные земли</i>						
Брестская	3,3	23,0	34,8	30,5	7,7	0,6
Гомельская	4,9	15,6	22,8	30,1	17,0	9,5
Гродненская	8,0	30,5	28,6	26,6	4,0	2,3
Минская	4,3	21,7	27,8	25,6	15,0	5,6
Могилевская	2,9	11,9	22,1	37,1	18,7	7,4
Беларусь	4,3	15,2	23,3	31,9	17,0	8,3
<i>Улучшенные луговые земли</i>						
Брестская	11,7	32,4	28,9	19,7	6,4	0,9
Гомельская	18,2	27,9	21,9	18,7	7,6	5,6
Гродненская	33,4	31,6	17,6	12,1	3,2	2,1
Минская	12,5	30,5	22,7	20,3	9,6	4,4
Могилевская	25,0	21,3	18,3	21,9	8,7	4,8
Беларусь	19,3	27,1	21,5	19,3	7,8	5,0

**Средние значения коэффициентов перехода ^{137}Cs
(Кп, Бк/кг:кБк/м²) для дерново-подзолистых суглинистых
почв Республики Беларусь**

Культура	Содержание обменного калия, мг/кг почвы				
	< 80	81–140	141–200	201–300	> 300
Зерно (влажность 14 %)					
Рожь озимая	0,03	0,02	0,01	0,01	0,01
Тритикале озимое	—	0,02	0,02	0,01	0,01
Пшеница озимая	—	—	0,02	0,01	0,01
Пшеница яровая	—	—	0,03	0,01	0,01
Ячмень	0,05	0,04	0,04	0,02	0,02
Овес	0,18	0,06	0,04	0,04	0,03
Просо	—	—	0,08	0,05	0,04
Люпин	0,43	0,4	0,32	0,28	0,26
Горох	0,39	0,36	0,29	0,22	0,11
Вика	0,21	0,18	0,15	0,11	0,10
Рапс яровой	—	0,18	0,15	0,11	0,09
Рапс озимый	—	—	—	0,04	0,03
Кукуруза	—	0,13	0,11	0,05	0,03

Культура	Содержание обменного калия, мг/кг почвы				
	< 80	81–140	141–200	201–300	> 300
Солома (влажность – 20 %)					
Рожь озимая	–	0,24	0,21	0,12	0,09
Тритикале озимое	–	0,14	0,12	0,10	0,08
Пшеница озимая	–	–	0,11	0,09	0,03
Пшеница яровая	–	–	0,15	0,13	0,10
Ячмень яровой	0,16	0,12	0,10	0,08	0,06
Овес	0,16	0,08	0,04	0,04	0,02
Сено (влажность – 16 %)					
Клевер	0,62	0,38	0,33	0,24	0,21
Многолетние злаковые травы	1,40	1,10	0,47	0,40	0,35
Многолетние злаково-бобовые смеси	0,83	0,62	0,44	0,32	0,30
Естественные сенокосы	2,10	1,70	–	–	–
Многолетние злаковые травы на пойменных землях	2,70	2,00	1,40	1,10	0,98
Лядвенец рогатый	1,02	0,74	0,60	0,41	–
Сенаж (влажность – 55 %)					
Клевер	0,34	0,21	0,18	0,13	0,11
Многолетние злаковые травы	0,76	0,60	0,26	0,22	0,19
Многолетние злаково-бобовые смеси	0,45	0,34	0,24	0,17	0,16
Естественные сенокосы	1,14	0,92	–	–	–
Многолетние злаковые травы на пойменных землях	1,47	1,09	0,76	0,60	0,53
Силос (влажность – 75 %)					
Клевер	0,19	0,12	0,10	0,07	0,06
Многолетние злаковые травы	0,35	0,18	0,08	0,07	0,06
Многолетние злаково-бобовые смеси	0,24	0,15	0,10	0,08	0,07
Горохо-овсяная смесь	0,12	0,08	0,06	0,05	0,05
Вико-овсяная смесь	0,10	0,06	0,05	0,04	0,04
Естественные сенокосы	0,63	0,50	–	–	–
Многолетние злаковые травы на пойменных землях	0,80	0,60	0,42	0,34	0,29
Кукуруза	–	–	0,06	0,04	0,03

Культура	Содержание обменного калия, мг/кг почвы				
	< 80	81–140	141–200	201–300	> 300
Зеленая масса (влажность – 82 %)					
Клевер	0,14	0,06	0,05	0,05	0,04
Многолетние злаковые травы	0,25	0,13	0,06	0,05	0,04
Многолетние злаково-бобовые смеси	0,17	0,11	0,07	0,06	0,05
Горохо-овсяная смесь	0,08	0,06	0,04	0,04	0,04
Вико-овсяная смесь	0,07	0,04	0,04	0,03	0,02
Естественные сенокосы	0,45	0,36	–	–	–
Многолетние злаковые травы на пойменных землях	0,58	0,43	0,3	0,24	0,21
Люцерна	–	0,07	0,06	0,06	0,05
Кукуруза	–	–	0,04	0,03	0,02
Люпин	–	0,15	0,13	0,11	0,10
Рапс яровой	–	0,14	0,12	0,08	0,07
Рапс озимый	–	–	–	0,04	0,03
Горох	–	0,09	0,08	0,06	0,06
Сурепица озимая	–	0,17	0,15	0,12	0,10
Пайза	0,07	0,05	0,04	0,03	–
Лядвенец рогатый	0,22	0,16	0,13	0,09	–
Овес	–	–	0,12	0,11	–
Картофель, овощи (влажность – 78–87 %)					
Картофель	–	0,06	0,05	0,04	0,03
Свекла	–	0,055	0,037	0,022	0,014
Морковь	–	0,050	0,028	0,019	0,08
Капуста	–	0,042	0,030	0,021	0,010
Лук репчатый, луковица	–	0,051	0,036	0,032	0,023

Средние значения коэффициентов перехода (Кп, Бк/кг:кБк/м²)¹³⁷Cs для дерново-подзолистых супесчаных почв

Республики Беларусь

Культура	Содержание обменного калия, мг/кг почвы				
	< 80	81–140	141–200	201–300	> 300
Зерно (влажность – 14 %)					
Овес	0,22	0,082	0,055	0,041	0,032
Рожь озимая	0,036	0,028	0,019	0,017	0,010
Тритикале озимое	–	–	0,06	0,04	0,03
Пшеница озимая	–	–	0,028	0,018	0,010
Пшеница яровая	–	–	0,06	0,05	0,04
Ячмень яровой	–	0,08	0,06	0,05	0,04
Ячмень озимый	–	–	0,04	0,03	0,02
Люпин	0,55	0,50	0,40	0,36	0,33
Горох	0,51	0,29	0,22	0,17	0,17
Вика	0,27	0,23	0,19	0,15	0,13
Рапс яровой	–	0,25	0,19	0,14	0,12
Рапс озимый	0,06	0,05	0,04	0,04	0,03
Просо	–	–	0,10	0,07	0,05
Кукуруза	–	–	0,06	0,04	0,03
Лен семена	–	0,05	0,04	0,03	0,02
Подсолнечник	–	–	0,12	0,09	0,07
Гречиха	0,25	0,18	0,16	0,14	0,12
Солома (влажность – 20 %)					
Овес	0,40	0,12	0,06	0,05	0,03
Рожь озимая	0,093	0,062	0,040	0,037	0,022
Тритикале озимое	–	–	0,12	0,11	0,09
Пшеница озимая	–	–	0,091	0,060	0,033
Пшеница яровая	–	–	0,20	0,15	0,12
Ячмень яровой	–	–	0,12	0,09	0,07
Ячмень озимый	–	–	0,08	0,06	0,05
Лен (волокно)	–	0,05	0,04	0,03	0,02
Сено (влажность – 16 %)					
Клевер	0,50	0,35	0,25	0,21	0,18
Многолетние злаковые травы	–	0,11	0,08	0,08	0,07

Культура	Содержание обменного калия, мг/кг почвы				
	< 80	81–140	141–200	201–300	> 300
Многолетние злаково-бобовые смеси	1,1	0,81	0,56	0,44	0,38
Естественные сенокосы	2,7	1,9	–	–	–
Многолетние злаковые травы на пойменных землях	3,0	2,1	1,6	1,4	1,3
Сенаж (влажность – 55 %)					
Клевер	0,48	0,37	0,25	0,21	0,20
Многолетние злаковые травы	1,09	0,80	0,34	0,30	0,26
Многолетние злаково-бобовые смеси	0,60	0,44	0,30	0,24	0,21
Естественные сенокосы	1,43	1,0	–	–	–
Многолетние злаковые травы на пойменных землях	1,58	1,13	0,87	0,75	0,71
Люцерна	–	0,18	0,14	0,12	0,11
Силос (влажность – 75 %)					
Клевер	0,15	0,11	0,08	0,06	0,05
Многолетние злаковые травы	–	0,03	0,02	0,02	0,02
Многолетние злаково-бобовые смеси	0,33	0,24	0,17	0,13	0,11
Горохо-овсяная смесь	0,22	0,17	0,13	0,069	0,069
Вико-овсяная смесь	0,13	0,08	0,06	0,05	0,04
Естественные сенокосы	0,79	0,57	–	–	–
Многолетние злаковые травы на пойменных землях	0,48	0,34	0,26	0,23	0,22
Кукуруза	0,08	0,07	0,06	0,04	0,03
Зеленая масса (влажность – 82 %)					
Клевер	0,11	0,08	0,06	0,05	0,04
Многолетние злаковые травы	–	0,02	0,02	0,02	0,02
Многолетние злаково-бобовые смеси	0,24	0,18	0,12	0,10	0,08
Горохо-овсяная смесь	0,16	0,12	0,090	0,050	0,050

Культура	Содержание обменного калия, мг/кг почвы				
	< 80	81–140	141–200	201–300	> 300
Вико-овсяная смесь	0,09	0,06	0,05	0,04	0,03
Естественные сенокосы	0,57	0,41	–	–	–
Многолетние злаковые травы на пойменных землях	0,63	0,45	0,35	0,30	0,28
Кукуруза	0,06	0,05	0,04	0,03	0,02
Люпин	–	–	0,20	0,16	0,13
Рапс яровой	–	0,22	0,15	0,082	0,058
Рапс озимый	0,04	0,04	0,03	0,03	0,02
Горох	–	0,07	0,06	0,04	0,03
Пелюшка	0,05	0,04	0,03	0,02	0,02
Вика	–	0,14	0,12	0,08	0,06
Галега восточная	–	0,05	0,04	0,03	0,025
Пайза	–	0,05	0,04	0,04	0,03
Сорго	0,08	0,06	0,05	0,04	0,04
Люцерна	–	0,04	0,03	0,02	0,02
Лядвенец рогатый	–	0,16	0,12	0,08	0,06
Картофель, овощи (влажность – 78–87 %)					
Картофель	–	0,07	0,05	0,05	0,04
Свекла	–	0,08	0,07	0,06	0,03
Морковь	–	0,03	0,02	0,02	0,01
Капуста	–	0,02	0,02	0,01	0,01
Лук репчатый, луковица	–	0,02	0,02	0,01	0,01
Лук (перо)	–	0,03	0,02	0,01	0,01

**Средние значения коэффициентов перехода ^{137}Cs
(Кп, Бк/кг:кБк/м²) для дерново-подзолистых песчаных почв
Республики Беларусь**

Культура	Содержание обменного калия, мг/кг почвы				
	< 80	81–140	141–200	201–300	> 300
Зерно (влажность – 14 %)					
Овес	0,16	0,10	0,08	0,07	0,05
Рожь озимая	–	0,08	0,06	0,05	0,04
Пшеница яровая	–	0,10	0,08	0,06	0,04
Тритикале озимое	0,08	0,07	0,05	0,04	0,03
Ячмень яровой	0,13	0,11	0,09	0,06	0,04
Люпин	0,79	0,74	0,59	0,52	0,48
Горох	0,72	0,66	0,53	0,40	0,21
Вика	0,39	0,34	0,29	0,21	0,18
Рапс яровой	–	0,33	0,27	0,20	0,17
Рапс озимый	0,06	0,05	0,05	0,04	0,04
Гречиха	–	0,19	0,16	–	–
Просо	–	–	0,05	0,03	0,02
Кукуруза	–	–	0,09	0,06	0,03
Лен	–	0,05	0,04	0,03	0,02
Солома (влажность – 20 %)					
Овес	0,27	0,13	0,07	0,05	0,03
Рожь озимая	–	0,09	0,07	0,06	0,03
Тритикале озимое	0,18	0,16	0,14	0,12	0,10
Пшеница яровая	–	0,23	0,20	0,18	0,14
Ячмень яровой	0,17	0,14	0,12	0,09	0,070
Лен (волокно)	–	–	0,05	0,04	0,03
Сено (влажность – 16 %)					
Многолетние злаковые травы	3,0	2,6	0,97	0,94	0,84
Многолетние злаково-бобовые смеси	1,5	1,2	0,81	0,60	0,56
Естественные сенокосы	4,0	2,6	–	–	–
Многолетние злаковые травы на пойменных землях	2,85	2,49	1,66	1,21	1,04
Люцерна	–	0,34	0,26	0,16	0,09
Клевер	0,51	0,29	0,21	0,14	0,11

Культура	Содержание обменного калия, мг/кг почвы				
	< 80	81–140	141–200	201–300	> 300
Сенаж (влажность – 55 %)					
Многолетние злаковые травы	1,63	1,40	0,52	0,50	0,45
Многолетние злаково-бобовые смеси	0,82	0,62	0,43	0,33	0,30
Естественные сенокосы	2,1	1,4	–	–	–
Многолетние злаковые травы на пойменных землях	1,55	1,35	0,90	0,66	0,57
Силос (влажность – 75 %)					
Многолетние злаковые травы	0,90	0,76	0,29	0,28	0,25
Многолетние злаково-бобовые смеси	0,46	0,34	0,25	0,18	0,17
Горохо-овсяная смесь	0,22	0,14	0,12	0,090	0,090
Вико-овсяная смесь	0,18	0,10	0,06	0,04	0,04
Естественные сенокосы	1,1	0,78	–	–	–
Многолетние злаковые травы на пойменных землях	1,5	1,3	0,85	0,63	0,57
Зеленая масса (влажность – 82 %)					
Многолетние злаковые травы	0,65	0,55	0,21	0,20	0,18
Многолетние злаково-бобовые смеси	0,33	0,25	0,17	0,13	0,12
Горохо-овсяная смесь	0,16	0,10	0,080	0,070	0,070
Вико-овсяная смесь	–	0,07	0,04	0,03	0,03
Естественные сенокосы	0,83	0,56	–	–	–
Многолетние злаковые травы на пойменных землях	0,63	0,55	0,37	0,27	0,23
Кукуруза	–	0,06	0,05	0,04	0,03
Люпин	–	0,29	0,25	–	–
Рапс яровой	0,29	0,26	0,22	0,16	0,13
Рапс озимый	–	–	0,04	0,03	–
Горох	–	0,17	0,16	0,12	0,12
Люцерна	–	0,08	0,06	0,04	0,03

Культура	Содержание обменного калия, мг/кг почвы				
	< 80	81–140	141–200	201–300	> 300
Клевер	0,11	0,07	0,05	0,04	0,03
Просо	–	–	–	0,06	0,05
Картофель, овощи (влажность – 78–87 %)					
Картофель	0,08	0,06	0,04	0,03	0,02
Свекла	–	0,06	0,05	0,04	0,02
Морковь	–	0,04	0,03	0,02	0,01
Капуста	–	0,03	0,02	0,02	0,01
Лук репчатый, луковица	–	–	0,06	0,05	0,04

Приложение 14

**Средние значения коэффициентов перехода ^{90}Sr
(Кп, Бк/кг:кБк/м²) для дерново-подзолистых суглинистых
почв Республики Беларусь**

Культура	Уровень кислотности почвы, рН _{KCl}					
	< 4,5	4,6–5,0	5,1–5,5	5,6–6,0	6,1–7,0	> 7,0
Зерно (влажность – 14 %)						
Овес	1,70	1,40	1,30	1,20	1,20	1,10
Рожь озимая	2,10	1,70	1,46	1,10	0,90	0,64
Тритикале озимое	–	1,02	0,83	0,76	0,68	0,52
Пшеница озимая	–	–	1,11	0,75	0,68	0,54
Пшеница яровая	–	–	1,25	1,04	0,86	0,79
Ячмень яровой	–	1,71	1,53	1,32	1,21	1,20
Люпин	–	3,9	3,1	2,7	2,5	2,5
Горох	–	2,3	1,6	1,4	1,4	1,3
Вика	–	2,1	1,4	1,3	1,3	1,3
Рапс яровой	–	5,3	4,1	3,6	3,1	3,1
Рапс озимый	–	–	5,81	4,66	3,23	–
Просо	–	0,75	0,55	0,40	0,30	0,25
Кукуруза	–	0,58	0,38	0,25	0,18	0,15
Солома (влажность – 20 %)						
Рожь озимая	5,90	5,50	4,70	4,20	3,70	3,30
Тритикале озимое	–	–	4,80	4,30	3,80	3,30

Культура	Уровень кислотности почвы, рН _{KCl}					
	< 4,5	4,6–5,0	5,1–5,5	5,6–6,0	6,1–7,0	> 7,0
Пшеница озимая	–	–	4,60	4,54	3,60	3,60
Пшеница яровая	–	–	5,00	4,60	3,50	3,50
Ячмень яровой	–	5,80	5,00	4,90	4,70	4,60
Овес	5,30	5,30	4,90	4,40	4,30	4,20
Сено (влажность – 16 %)						
Клевер	–	26,20	21,20	16,30	15,00	13,00
Многолетние злаковые травы	14,00	11,00	7,33	6,36	5,80	5,80
Многолетние злаково-бобовые смеси	–	23,00	13,60	10,27	8,62	8,62
Естественные сенокосы	17	12	10	–	–	–
Многолетние злаковые травы на пойменных землях	20	18	15	13	12	8,1
Люцерна	–	–	–	12,34	9,23	–
Лядвенец рогатый	–	15,06	12,31	10,74	–	–
Сенаж (влажность – 55 %)						
Клевер	–	14,24	11,52	8,86	8,15	7,07
Многолетние злаковые травы	7,61	5,98	3,98	3,46	3,15	3,15
Многолетние злаково-бобовые смеси	–	12,50	7,39	5,58	4,68	4,68
Горохо-овсяная смесь	–	7,7	6,5	5,4	4,2	2,8
Вико-овсяная смесь	–	5,9	5,5	4,8	3,5	2,5
Естественные сенокосы	9,24	6,52	5,43	–	–	–
Многолетние злаковые травы на пойменных землях	10,87	9,78	8,15	7,07	6,52	4,40
Силос (влажность – 75 %)						
Клевер	–	7,94	6,42	4,94	4,55	–
Многолетние злаковые травы	–	4,24	3,33	2,22	1,93	1,76
Многолетние злаково-бобовые смеси	–	6,8	5,6	4,3	3,5	2,9
Горохо-овсяная смесь	–	4,3	3,6	3,0	2,3	1,6
Вико-овсяная смесь	–	3,3	3,1	2,7	1,9	1,4
Естественные сенокосы	4,9	3,7	3,0	–	–	–

Культура	Уровень кислотности почвы, рН _{KCl}					
	< 4,5	4,6–5,0	5,1–5,5	5,6–6,0	6,1–7,0	> 7,0
Многолетние злаковые травы на пойменных землях	6,1	5,4	4,6	3,7	3,5	2,4
Кукуруза	–	1,9	1,6	1,4	0,79	0,53
Зеленая масса (влажность – 82 %)						
Клевер	–	5,82	4,71	3,62	3,33	2,89
Многолетние злаковые травы	3,11	2,44	1,63	1,41	1,29	1,29
Многолетние злаково-бобовые смеси	–	5,11	3,02	2,28	1,92	1,92
Горохо-овсяная смесь	–	3,1	2,6	2,1	1,7	1,1
Вико-овсяная смесь	–	2,4	2,2	1,9	1,4	0,99
Естественные сенокосы	3,78	2,67	2,22	–	–	–
Многолетние злаковые травы на пойменных землях	4,44	4,00	3,33	2,89	2,67	1,80
Кукуруза	–	1,24	1,15	1,09	0,94	0,38
Овес			1,51	1,19	1,08	
Люпин	–	9,6	4,7	3,7	2,7	1,6
Рапс яровой	–	2,7	2,0	1,8	1,5	1,5
Рапс озимый	–	–	4,07	2,98	2,50	–
Пайза	–	–	–	2,26	1,73	–
Горох	–	5,2	4,4	3,6	2,3	1,5
Вика	–	3,8	3,7	3,1	1,4	1,3
Сурепица озимая	–	–	1,91	1,13	0,95	–
Лядвенец рогатый	–	3,35	2,74	2,39	–	–
Картофель, овощи (влажность – 78–87 %)						
Картофель	0,83	0,60	0,43	0,26	0,16	0,14
Свекла	1,0	0,9	0,8	0,6	0,5	0,4
Морковь	–	–	1,3	1,1	0,9	0,7
Капуста	–	–	0,8	0,6	0,4	0,3
Лук репчатый, луковица	–	–	0,6	0,4	0,3	0,2

**Средние значения коэффициентов перехода ^{90}Sr
(Кп, Бк/кг:кБк/м²) для дерново-подзолистых супесчаных
почв Республики Беларусь**

Культура	Уровень кислотности почвы, 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 %)						
Овес	1,4	1,2	1,1	1,0	1,0	1,0
Рожь озимая	1,0	0,84	0,79	0,72	0,69	0,61
Тритикале озимое	–	1,11	1,01	0,91	0,75	0,58
Пшеница озимая	–	–	1,1	1,0	0,89	0,85
Пшеница яровая	1,99	1,47	1,30	1,10	1,03	0,81
Ячмень яровой	–	1,78	1,60	1,38	1,30	1,20
Ячмень озимый	–	–	–	1,19	0,93	–
Люпин	–	4,0	3,4	3,0	2,8	2,6
Горох	–	–	6,08	5,15	4,22	3,29
Вика	–	2,1	1,6	1,5	1,4	1,3
Рапс яровой	–	5,4	1,4	1,3	1,2	1,2
Просо	–	0,83	0,61	0,44	0,33	0,28
Кукуруза	–	0,64	0,43	0,28	0,20	0,17
Яровой ячмень	–	1,65	1,38	–	–	–
Рапс озимый	7,84	7,14	6,24	5,18	3,64	–
Подсолнечник	3,32	2,92	2,04	–	–	–
Гречиха	1,77	1,36	0,92	–	–	–
Лен	–	–	–	–	2,82	–
Солома (влажность – 20 %)						
Рожь озимая	5,3	4,7	4,1	3,7	3,6	3,4
Тритикале озимое	–	5,6	5,0	4,99	4,4	4,3
Пшеница озимая	–	–	5,4	5,1	4,4	4,1
Пшеница яровая	–	6,80	6,12	5,73	4,3	3,9
Ячмень	–	6,0	5,7	5,2	4,9	4,6
Яровой ячмень	–	10,92	8,53	–	–	–
Озимый ячмень	–	–	–	4,82	3,94	–
Овес	5,6	4,9	4,2	3,8	3,7	3,4

Культура	Уровень кислотности почвы, pH _{KCl}					
	< 4,5	4,6–5,0	5,1–5,5	5,6–6,0	6,1–7,0	> 7,0
Сено (влажность – 16 %)						
Клевер	25,33	20,73	14,70	12,00	8,56	8,29
Многолетние злаковые травы	12,00	8,14	6,58	4,15	3,36	3,30
Многолетние злаково-бобовые смеси	–	19	16	13	11	8,5
Естественные сенокосы	17	13	11	–	–	–
Многолетние злаковые травы на пойменных землях	24	21	18	15	14	10
Лядвенец рогатый	–	8,3	5,8	5,3	4,9	3,1
Галега восточная	–	19	16	14	9,5	5,3
Люцерна	23,03	18,32	15,23	13,56	10,74	6,62
Сенаж (влажность – 55 %)						
Клевер	13,77	11,27	7,99	6,52	4,65	4,51
Многолетние злаковые травы	6,52	4,42	3,58	2,26	1,83	1,79
Многолетние злаково-бобовые смеси	–	10	8,4	7,1	6,0	4,5
Естественные сенокосы	9,20	6,8	5,7	–	–	–
Многолетние злаковые травы на пойменных землях	13,04	11,41	9,78	8,15	7,61	5,43
Силос (влажность – 75 %)						
Клевер	7,68	6,28	4,45	3,64	2,59	2,51
Многолетние злаковые травы	3,7	3,1	2,7	2,3	2,1	1,6
Многолетние злаково-бобовые смеси	–	5,6	4,7	3,9	3,3	2,5
Горохо-овсяная смесь	–	3,6	3,2	2,7	2,3	1,7
Вико-овсяная смесь	–	3,5	3,2	2,7	2,1	1,6
Естественные сенокосы	5,0	3,8	3,1	–	–	–
Многолетние злаковые травы на пойменных землях	7,1	6,1	5,3	4,5	4,1	3,1
Кукуруза	–	2,8	2,2	1,8	1,2	0,70

Культура	Уровень кислотности почвы, pH _{ксл}					
	< 4,5	4,6–5,0	5,1–5,5	5,6–6,0	6,1–7,0	> 7,0
Зеленая масса (влажность – 82 %)						
Клевер	5,63	4,61	3,27	2,67	1,90	1,84
Многолетние злаковые травы	2,60	2,20	1,90	1,60	1,50	1,20
Многолетние бобово-злаковые смеси	–	4,00	3,40	2,80	2,40	1,80
Горохо-овсяная смесь	–	2,60	2,30	2,00	1,60	1,30
Вико-овсяная смесь	–	2,60	2,30	2,00	1,60	1,10
Естественные сенокосы	3,6	2,70	2,30	–	–	–
Многолетние злаковые травы на пойменных землях	5,10	4,40	3,80	3,20	2,90	2,20
Кукуруза	1,42	0,91	0,77	0,62	0,40	0,27
Люпин	–	5,8	4,8	3,8	2,9	1,7
Рапс яровой	–	2,8	2,3	2,0	1,7	1,5
Рапс озимый	5,30	4,92	4,33	3,77	2,92	–
Горох	11,67	10,29	8,02	5,74	3,66	2,33
Вика	2,20	1,98	1,61	1,25	0,70	0,65
Пелюшка)	4,82	4,63	4,12	3,65	2,95	2,48
Лядвенец рогатый	–	1,80	1,20	1,10	1,10	0,66
Галега восточная	–	4,0	3,5	2,9	2,0	1,1
Пайза	–	3,11	2,71	2,46	2,16	–
Сорго	–	3,90	3,00	2,70	1,50	–
Люцерна	5,12	4,07	3,38	3,01	2,39	1,47
Подсолнечник	7,21	6,84	5,76	–	–	–
Картофель, овощи (влажность – 78–87 %)						
Картофель	–	0,52	0,45	0,29	0,18	0,16
Свекла	–	0,52	0,45	0,29	0,18	0,16
Морковь	–	–	1,07	0,84	0,62	0,48
Капуста	–	–	0,58	0,44	0,36	0,27
Лук репчатый, луковица	–	0,65	0,49	0,34	0,22	0,17
Лук (перо)	–	1,77	1,53	1,37	1,10	0,82

**Средние значения коэффициентов перехода ^{90}Sr
(Кп, Бк/кг:кБк/м²) для дерново-подзолистых песчаных
почв Республики Беларусь**

Культура	Уровень кислотности почвы, рН _{KCl}					
	< 4,5	4,6–5,0	5,1–5,5	5,6–6,0	6,1–7,0	> 7,0
Зерно (влажность – 14 %)						
Овес	1,80	1,51	1,40	1,35	1,3	1,25
Рожь озимая	1,40	1,30	1,20	1,14	0,93	0,75
Тритикале озимое	1,44	1,25	0,94	0,76	0,66	0,57
Пшеница яровая	–	–	1,47	0,99	0,71	0,56
Ячмень яровой	1,95	1,86	1,52	1,18	1,10	1,05
Люпин	–	7,30	5,70	5,00	4,70	4,60
Горох	–	4,30	2,90	2,70	2,50	2,50
Вика	–	3,90	2,50	2,50	2,40	2,40
Рапс яровой	–	9,80	7,50	6,60	5,70	5,70
Просо	–	0,23	0,18	0,14	0,14	0,14
Кукуруза	–	1,00	0,70	0,45	0,32	0,30
Рапс озимый	–	–	6,84	6,08	4,70	–
Лен	–	–	–	1,56	1,11	0,78
Гречиха	1,92	1,84	1,18	–	–	–
Солома (влажность – 20 %)						
Рожь озимая	7,40	6,60	5,90	4,81	3,62	3,48
Тритикале озимое	–	–	5,87	5,20	4,80	4,50
Пшеница яровая	–	–	7,15	6,20	5,10	3,31
Ячмень яровой	16,67	12,87	9,93	6,80	6,10	5,80
Овес	16,42	13,70	8,12	5,50	5,30	5,10
Сено (влажность – 16 %)						
Многолетние злаковые травы	21,00	19,00	16,00	13,00	13,00	8,90
Многолетние злаково-бобовые смеси	–	32,00	29,00	22,00	18,00	14,00
Естественные сенокосы	25,00	20,00	18,00	–	–	–
Многолетние злаковые травы на пойменных землях	38,00	34,00	29,00	7,79	6,69	5,33
Люцерна	–	21,39	17,24	14,67	12,6	8,9
Клевер	–	19,61	15,98	13,48	12,3	–

Культура	Уровень кислотности почвы, pH _{ксл}					
	< 4,5	4,6–5,0	5,1–5,5	5,6–6,0	6,1–7,0	> 7,0
Сенаж (влажность – 55 %)						
Многолетние злаковые травы	11,00	10,00	8,60	7,10	6,70	4,80
Многолетние злаково-бобовые смеси	–	17,00	15,00	12,00	9,80	7,50
Естественные сенокосы	13,00	11,00	9,50	–	–	–
Многолетние злаковые травы на пойменных землях	20,65	18,48	15,76	4,23	3,64	2,90
Силос (влажность – 75 %)						
Многолетние злаковые травы	6,10	5,50	4,80	3,90	3,70	2,70
Многолетние злаково-бобовые смеси	–	9,50	8,50	6,60	5,40	4,10
Горохо-овсяная смесь	–	7,90	6,70	5,50	4,30	2,90
Вико-овсяная смесь	–	6,10	5,70	5,00	3,60	2,50
Естественные сенокосы	7,30	6,00	5,30	–	–	–
Многолетние злаковые травы на пойменных землях	11,00	10,00	8,50	7,00	6,60	4,50
Кукуруза	–	3,60	3,00	2,60	1,50	1,00
Зеленая масса (влажность – 82 %)						
Многолетние злаковые травы	4,67	4,22	3,56	2,89	2,89	1,98
Многолетние злаково-бобовые смеси	–	6,90	6,10	4,80	3,90	3,00
Горохо-овсяная смесь	–	5,70	4,80	4,00	3,10	2,10
Вико-овсяная смесь	–	2,35	1,97	1,31	0,72	0,70
Естественные сенокосы	5,3	4,30	3,80	–	–	–
Многолетние злаковые травы на пойменных землях	8,44	7,56	6,44	1,73	1,49	1,18
Кукуруза	1,51	1,38	1,10	1,05	0,90	0,70
Люпин	–	10	8,8	6,8	5,0	2,9
Рапс яровой	–	5,10	3,80	3,35	2,90	2,70
Горох	–	9,70	8,20	6,60	4,30	2,80
Вика	–	7,00	6,80	5,80	2,60	2,40
Люцерна	–	4,65	3,74	3,18	2,73	1,93

Культура	Уровень кислотности почвы, pH _{KCl}					
	< 4,5	4,6–5,0	5,1–5,5	5,6–6,0	6,1–7,0	> 7,0
Клевер	–	4,26	3,47	2,93	2,67	–
Просо	–	1,37	0,91	0,86	0,63	–
Рапс озимый	–	4,97	4,60	4,34	4,19	–
Картофель, овощи (влажность – 78–87 %)						
Картофель	0,6	0,45	0,36	0,32	0,15	0,10
Свекла	2,1	1,82	1,40	0,83	0,63	0,60
Морковь	–	–	0,45	0,42	0,40	0,40
Капуста	–	–	0,62	0,50	0,50	0,50
Лук репчатый, луковица	–	–	–	1,42	0,90	0,55

Приложение 17

**Средние значения коэффициентов перехода ¹³⁷Cs
(Кп, Бк/кг:кБк/м2) для торфяных почв Республики Беларусь**

Тип травостоя	Содержание подвижного калия, мг/кг почвы			
	<200	201–400	401–600	601–1000
Мощность торфяного слоя менее 1 м				
Зерно (влажность – 16 %)				
Овес	2,92	2,03	1,76	–
Ячмень	0,70	0,60	0,50	0,30
Пшеница яровая	0,70	0,50	0,40	0,30
Рожь озимая	0,38	0,19	0,12	0,07
Тритикале озимое		0,18	0,12	0,10
Тритикале яровое	0,50	0,30	0,20	0,10
Ячмень яровой	–	0,16	0,09	0,08
Рапс озимый	–	0,05	0,03	–
Солома (влажность – 20 %)				
Рожь озимая	0,54	0,42	0,19	0,12
Овес	3,60	3,21	2,87	–
Сено (влажность – 16 %)				
Естественный злаково-разнотравный	10,20	7,30	4,80	2,50
Многолетние злаковые травы	7,60	3,90	2,60	1,80

Тип травостоя	Содержание подвижного калия, мг/кг почвы			
	<200	201–400	401–600	601–1000
Сеяный многолетний бобово-злаковый	1,49	0,93	0,75	0,70
Сеяный многолетний злаковый	2,16	1,18	0,85	0,53
Сенаж (влажность – 55 %)				
Естественный злаково-разнотравный	5,50	3,90	2,60	1,35
Сеяный многолетний злаковый	1,17	0,64	0,46	0,29
Сеяный многолетний бобово-злаковый	0,81	0,51	0,41	0,38
Силос (влажность – 75 %)				
Естественный злаково-разнотравный	3,00	2,20	1,40	0,70
Сеяный многолетний злаковый	2,30	1,70	0,80	0,50
Сеяный многолетний бобово-злаковый	0,80	0,70	0,40	–
Зеленая масса (влажность – 82 %)				
Естественный злаково-разнотравный	2,20	1,60	1,00	0,50
Сеяный многолетний злаковый	0,48	0,26	0,19	0,12
Сеяный многолетний бобово-злаковый	0,33	0,21	0,17	0,16
Пайза	1,54	0,86	0,46	0,24
Овес	–	0,53	0,44	–
Кукуруза	–	0,19	0,13	0,09
Мощность торфяного слоя более 1 м				
Сено (влажность – 16 %)				
Естественный злаково-разнотравный	22,00	19,00	12,00	7,00
Сеяный многолетний злаковый	4,80	1,80	0,60	0,40
Сенаж (влажность – 55 %)				
Естественный злаково-разнотравный	12,00	9,90	6,30	3,70
Сеяный многолетний злаковый	2,60	0,94	0,30	0,20

Тип травостоя	Содержание подвижного калия, мг/кг почвы			
	<200	201–400	401–600	601–1000
Силос (влажность – 75 %)				
Естественный злаково-разнотравный	6,40	5,50	3,50	2,10
Сеяный многолетний злаковый	1,40	0,50	0,20	0,10
Зеленая масса (влажность – 82 %)				
Естественный злаково-разнотравный	4,60	4,00	2,50	1,50
Сеяный многолетний злаковый	1,00	0,40	0,13	0,08

**Средние значения коэффициентов перехода ^{90}Sr
(Кп, Бк/кг:кБк/м²) для торфяных почв Республики Беларусь**

Тип травостоя	Уровень кислотности почвы, pH _{KCl}		
	4,51–5,00	5,01–5,50	5,51–6,00
Мощность торфяного слоя менее 1 м			
Зерно (влажность – 16 %)			
Овес	–	2,14	1,81
Пшеница яровая	0,50	0,40	0,30
Рожь озимая	0,96	0,88	0,54
Тритикале озимое	0,23	0,18	0,14
Тритикале яровое	0,80	0,50	0,20
Яровой ячмень	0,31	0,29	0,27
Рапс озимый	4,43	3,94	3,20
Солома (влажность – 20 %)			
Озимая рожь	7,92	7,43	7,58
Овес	–	9,27	8,32
Сено (влажность – 16 %)			
Естественный злаково-разнотравный	5,20	3,80	2,60
Сеяный многолетний злаковый	1,32	1,21	1,1
Сеяный многолетний бобово-злаковый	6,03	5,40	4,31

Тип травостоя	Уровень кислотности почвы, pH _{KCl}		
	4,51–5,00	5,01–5,50	5,51–6,00
Сенаж (влажность – 55 %)			
Естественный злаково-разнотравный	2,8	2,0	1,4
Сеяный многолетний злаковый	0,72	0,66	0,60
Сеяный многолетний бобово-злаковый	3,28	2,93	2,34
Силос (влажность – 75 %)			
Естественный злаково-разнотравный	1,50	1,10	0,80
Сеяный многолетний злаковый	1,10	0,70	0,60
Сеяный многолетний бобово-злаковый	2,00	1,60	1,00
Зеленая масса (влажность – 82 %)			
Естественный злаково-разнотравный	1,10	0,80	0,60
Сеяный многолетний злаковый	0,29	0,27	0,24
Сеяный многолетний бобово-злаковый	1,34	1,20	0,96
Пайза	1,13	0,74	0,52
Овес	0,11	0,06	–
Кукуруза	0,91	0,75	0,59
Рапс озимый	1,80	1,67	1,48
Мощность торфяного слоя более 1 м			
Сено (влажность – 16 %)			
Естественный злаково-разнотравный	17,00	4,40	3,20
Сеяный многолетний злаковый	3,40	3,00	2,60
Сенаж (влажность – 55 %)			
Естественный злаково-разнотравный	9,20	2,40	1,70
Сеяный многолетний злаковый	1,80	1,60	1,40

Тип травостоя	Уровень кислотности почвы, рН _{KCl}		
	4,51–5,00	5,01–5,50	5,51–6,00
Силос (влажность – 75 %)			
Естественный злаково-разнотравный	5,10	1,30	1,00
Сеяный многолетний злаковый	1,00	0,91	0,76
Зеленая масса (влажность – 82 %)			
Естественный злаково-разнотравный	3,70	0,95	0,69
Сеяный многолетний злаковый	0,73	0,65	0,55

Продолжение 19

**Средние значения коэффициентов переход радионуклидов
из суточного рациона в продукцию животноводства
(КП, % на 1 кг (л) продукта)**

Вид продукции	Радионуклиды	
	^{137}Cs	^{90}Sr
Молоко коровье: стойловый период пастбищный период	0,5	0,24
	0,8	0,24
Молоко козье	10	2,0
Говядина	4	0,04
Свинина	25	0,10
Баранина	15	0,10
Козлятина	20	1,5
Мясо кур	450	0,20
Яйцо	3,5	3,20

**Пределы содержания радионуклидов (Бк/сутки) в рационах
различных половозрастных групп КРС**

Группы животных	Содержание ^{137}Cs	Содержание ^{90}Sr
Лактирующие коровы	10000	2600
Сухостойные коровы	8000*	—
Нетели	8000	—
Телки до 12 мес.	8000	—
Телки до 12–15 мес.	6000	—
Телки до 15–18 мес.	6000	—
Бычки до 12 мес.	8000	—
Бычки 12–15 мес.	6000	—
Откорм	4000	—

* При реализации животных на мясо.

**Предельные уровни содержания ^{137}Cs (Бк/кг) в кормах всех типов
рационов для различных половозрастных групп КРС**

Сено

Группа животных	Тип рациона					
	силосный		сенажный		силосно-сенажный	
	Количество сена в рационе					
	до 3 кг	4–5 кг	до 3 кг	4–5 кг	до 3 кг	4–5 кг
Лактирующие коровы	–	480	340	320	480	360
Сухостойные коровы	–	1160	1080	1040	1120	800
Нетели	1520	1160	1080	–	1200	–
Телки до 12 мес.	1720	1160	1200	–	1240	–
Телки 12–15 мес.	2360	1680	1600	–	1920	–
Телки 15–18 мес.	1680	1280	1160	–	1480	–
Бычки до 12 мес.	1720	1080	–	–	–	–
Бычки 12–15 мес.	2400	1720	–	–	–	–
Откорм	188	132	–	–	–	–

Сенаж

Группа животных	Тип рациона		
	сенажный	силосно-сенажный	
		количество сена в рационе	
		до 3 кг	до 3 кг
Лактирующие коровы	140	48	140
Сухостойные коровы	440	440	320
Нетели	440	480	—
Телки до 12 мес.	440	480	—
Телки 12–15 мес.	600	760	—
Телки 15–18 мес.	440	580	—
Бычки до 12 мес.	400	—	—
Бычки 12–15 мес.	600	—	—
Откорм	110	—	—

Силос

Группа животных	Тип рациона			
	силосный		силосно-сенажный	
	количество сена в рационе			
	до 3 кг	4–5 кг	до 3 кг	4–5 кг
Лактирующие коровы	–	120	76	32
Сухостойные коровы	104	116	104	80
Нетели	152	112	120	–
Телки до 12 мес.	180	112	120	–
Телки 12–15 мес.	232	160	180	–
Телки 15–18 мес.	160	128	144	–
Бычки до 12 мес.	136	108	–	–
Бычки 12–15 мес.	236	168	–	–
Откорм	45	30	–	–

Солома

Группа животных	Тип рациона					
	силосный		сенажный		силосно-сенажный	
	Количество сена в рационе					
	до 3 кг	4–5 кг	до 3 кг	4–5 кг	до 3 кг	4–5 кг
Лактирующие коровы	–	40	–	–	68	–
Сухостойные коровы	–	100	96	–	92	–
Нетели	132	100	–	–	104	–
Телки до 12 мес.	148	100	–	–	108	–
Телки 12–15 мес.	200	144	–	–	160	–
Телки 15–18 мес.	148	112	–	–	128	–
Бычки до 12 мес.	150	–	–	–	–	–
Бычки 12–15 мес.	208	–	–	–	–	–
Откорм	40	–	–	–	–	–

Корнеплоды

Группа животных	Тип рациона					
	силосный		сенажный		силосно-сенажный	
	Количество сена в рационе					
	до 3 кг	4–5 кг	до 3 кг	4–5 кг	до 3 кг	4–5 кг
Лактирующие коровы	–	24	16	16	–	16
Сухостойные коровы	–	–	52	–	–	40
Бычки до 12 мес.	64	68	–	–	–	–
Бычки 12–15 мес.	–	80	–	–	–	–
Откорм	–	6	–	–	–	–

Зернофураж

Группа животных	Тип рациона					
	силосный		сенажный		силосно-сенажный	
	Количество сена в рационе					
	до 3 кг	4–5 кг	до 3 кг	4–5 кг	до 3 кг	4–5 кг
Лактирующие коровы	–	32	20	20	28	40
Сухостойные коровы	–	76	70	–	68	36
Нетели	96	72	68	–	76	–
Телки до 12 мес.	108	72	76	–	80	–
Телки 12–15 мес.	152	108	100	–	120	–
Телки 15–18 мес.	108	80	76	–	96	–
Бычки до 12 мес.	88	52	68	–	–	–
Бычки 12–15 мес.	152	110	96	–	–	–
Откорм	30	20	20	–	–	–

Приложение 22

Предельно допустимые уровни загрязнения почв ^{137}Cs и ^{90}Sr для получения продовольственной продукции согласно РДУ–99 (при pH_{KCl} – 6,1–6,5 и содержании K_2O – 140–200 мг/кг почвы)

Продукция, культура	Дерново-подзолистые почвы, Ки/км ²		
	суглинистые	супесчаные	песчаные
^{137}Cs			
Зерно:			
Ячмень	40	40	35
Овес	40	40	30
Кукуруза	40	40	27
Просо	30	24	16
Горох	8,4	6,9	4,6
^{90}Sr			
Озимая пшеница	0,33	0,33	не возделывается
Озимая рожь	0,41	0,40	0,30
Озимое тритикале	0,44	0,40	0,30
Яровая пшеница	0,37	0,34	не возделывается
Ячмень	0,23	0,23	0,17
Овес	0,30	0,25	0,21
Кукуруза	1,65	1,50	0,92
Просо	1,00	0,90	0,54
Горох	0,21	0,20	0,15
Картофель столовый	1,00	1,00	0,50

**Предельно допустимые уровни загрязнения почв ^{137}Cs при
возделывании сельскохозяйственных культур на кормовые
цели для производства молока согласно РДУ–99**

Продукция, культура	Дерново-подзолистые почвы, Ки/км ²			Торфяные почвы, Ки/км ²
	суглинистые	супесчаные	песчаные	
Зерно овса	<40	<40	<40	<5,5
Зерно озимой ржи	<40	<40	<40	<7,0
Зерно озимого тритикале	<40	<40	<40	<6,5
Зерно яровой пшеницы	<40	<40	–	–
Зерно ячменя	<40	<40	<40	–
Зерно люпина	<15	<12	<8	–
Зерно гороха	<16	<14	<9	–
Зерно вики	<25	<20	<16	–
Зерно проса	<40	<40	<32	–
Зерно кукурузы	<40	<40	<40	–
Солома овса	<40	<40	<40	–
Солома озимой ржи	<40	<40	<40	–
Солома озимого тритикале	<40	<40	<40	–
Сено улучшенных сенокосов	<40	<40	<30	<7,0
Сено естественных сенокосов (пойма)	<20	<18	<8	<2,0
Зеленая масса клевера	<40	<32	<18	<5,5
Зеленая масса много- летних злаковых трав улучшенных пастбищ	<40	<29	<21	–
Зеленая масса с естественных пастбищ (пойма)	<15	<12	<7	–
Силос кукурузный	<40	<40	<40	–
Корнеплоды	<40	<40	<40	–

Примечание. Для расчетов взяты уровни обеспеченности почв подвижным калием: для дерново-подзолистых – 141–200 мг/кг; для торфяных – <200 мг/кг почвы.

**Предельно допустимая плотность загрязнения ^{137}Cs почв
для молочного стада на пастбище с сеяным злаковым
травостоем, Ки/км²**

Тип почв	Содержание подвижного калия в почве, мг/кг				
	<80	80–140	141–200	201–300	300 и >
Дерново-подзолистые песчаные	6,9	8,1	21,2	–	–
Дерново-подзолистые супесчаные	10,4	14,4	29,7	37,2	40,0
Дерново-подзолистые суглинистые	14,4	18,6	40,0	40,0	40,0
Торфяные	–	–	4,5	11,1	34,3

**Предельно допустимые уровни загрязнения почв ^{137}Cs Ки/км²
при возделывании сельскохозяйственных культур на
кормовые цели для производства мяса согласно РДУ–99**

Продукция, культура	Дерново-подзолистые почвы, Ки/км ²			Торфяные почвы, Ки/км ²
	суглинистые	супесчаные	песчаные	
Зерно овса	<40	<40	<40	<15
Зерно озимой ржи	<40	<40	<40	<18
Зерно озимого тритикале	<40	<40	<40	<17
Зерно люпина	<40	<30	<20	–
Зерно гороха	<40	<36	<23	–
Зерно вики	<40	<40	<40	–
Зерно кукурузы	<40	<40	<40	–
Солома овса	<40	<40	<40	–
Солома озимой ржи	<40	<40	<40	–
Сено улучшенных сенокосов	<40	<40	<30	<7,0
Сено естественных. сенокосов (пойма)	<20	<18	<8	<2,0
Зеленая масса клевера	<40	<40	<25	<7,5
Зеленая масса много- летних злаковых трав улучшенных пастбищ	<40	<40	<30	–
Зеленая масса с естест- венных пастбищ (пойма)	<20	<15	<10	–
Силос кукурузный	<40	<40	<40	–

**Предельно допустимые уровни загрязнения почв ^{90}Sr при
возделывании сельскохозяйственных культур на кормовые
цели для производства молока-сырья**

Продукция, культура	Дерново-подзолистые почвы, Ки/км ²			Торфяные почвы
	суглинистые	супесчаные	песчаные	
Зерно овса	<3,0	<3,0	<3,0	<3,0
Зерно озимой ржи	<3,0	<3,0	<3,0	<3,0
Зерно гороха	<3,0	<3,0	<3,0	–
Зерно вики	<3,0	<3,0	<3,0	–
Солома овса	<3,0	<3,0	<3,0	–
Солома озимой ржи	<3,0	<3,0	<3,0	–
Сено злаковых трав улучшенных сенокосов	2,5–3	2,2–3	1,7–2,7	1,5–2,2
Сено улучшенных сенокосов	<3,0	<3,0	<1,5	<3,0
Сено естественных сенокосов (пойма)	<2,5	<2,0	<1,02	–
Зеленая масса клевера	<1,25	<0,10	<0,80	<2,5
Зеленая масса с естест- венных пастбищ (пойма)	<1,50	<1,25	<1,00	–
Силос кукурузный	<3,0	<3,0	<1,75	–

Примечание: Для расчетов взяты величина обменной кислотности для дерново-подзолистых почв – рН – 5,1–5,5; торфяных – рН – 5,01–5,50.

Предельно допустимые уровни загрязнения почв ^{90}Sr при возделывании сельскохозяйственных культур на кормовые цели для производства молока цельного

Продукция, культура	Дерново-подзолистые почвы, Ки/км ²			Торфяные почвы
	суглинистые	супесчаные	песчаные	
Зерно овса	<2,7	<2,4	<1,7	<3,0
Зерно озимой ржи	<3,0	<3,0	<2,2	<3,0
Зерно озимое тритикале	<2,6	<2,3	<2,0	<3,0
Зерно яровой пшеницы	<2,7	<2,4	—	—
Зерно ячменя	<2,2	<1,9	<1,4	<3,0
Зерно люпина	<1,0	<0,8	<0,5	—
Зерно гороха	<1,9	<1,5	<0,9	—
Зерно вики	<1,9	<1,7	<1,2	—
Зерно проса	<3,0	<3,0	<2,7	—
Зерно кукурузы	<3,0	<3,0	<3,0	—
Солома овса	<1,5	<1,2	<0,8	—
Солома озимой ржи	<1,5	<1,2	<0,8	—
Солома озимого тритикале	<1,2	<1,0	<0,9	—
Сено улучшенных сенокосов	<0,8	< 0,6	<0,3	<2,2
Сено естественных сенокосов (пойма)	<0,5	<0,4	<0,2	—
Зеленая масса клевера	<0,26	<0,20	<0,16	<0,6
Зеленая масса многолетних злаковых трав улучшенных пастбищ	0,42	0,36	<0,30	—
Зеленая масса с естественных пастбищ (пойма)	<0,30	<0,25	<0,20	—
Силос кукурузный	<0,85	<0,60	<0,35	—
Корнеплоды	<1,2	<1,0	<0,7	—

Примечание: Для расчетов взяты величина обменной кислотности для дерново-подзолистых почв – рН – 5,1–5,5; торфяных – рН – 5,01–5,50.

**Предельно допустимые плотности загрязнения
торфяно-болотных почв ^{137}Cs для выращивания сеяной
многолетней злаковой травосмеси, кБк/м^2 (Ки/км^2)**

Мощность торфяного слоя почвы	Содержание K ₂ O, мг/кг почвы			
	200	201–400	401–600	601–1000
Для получения молока цельного				
Сено (влажность 16 %)				
Менее 1 м	170,2 (4,6)	333,0 (9,0)	499,5 (13,5)	721,5 (19,5)
Более 1 м	270,1 (7,3)	721,5 (19,5)	ограничений нет	
Зелёная масса (влажность 82 %)				
Менее 1 м	103,6 (2,8)	207,2 (5,6)	273,8 (7,4)	410,7 (11,1)
Более 1 м	166,5 (4,5)	410,7 (11,1)	1269,1 (34,3)	ограничений нет
Для получения молока сырьё				
Сено (влажность 16 %)				
Менее 1 м	244,2 (6,6)	473,6 (12,8)	710,4 (19,2)	(27,8)
Зелёная масса (влажность 82 %)				
Менее 1 м	373,7 (10,1)	751,1 (20,3)	999,0 (27,0)	ограничений нет
Более 1 м	599,4 (16,2)		ограничений нет	
Для заключительного откорма крупного рогатого скота				
Сено (влажность 16 %)				
Менее 1 м	170,2 (4,6)	333,0 (9,0)	499,5 (13,5)	721,5 (19,5)
Более 1 м	270,1 (7,3)	721,5 (19,5)	ограничений нет	
Зелёная масса (влажность 82 %)				
Менее 1 м	151,7 (4,1)	299,7 (8,1)	399,6 (10,8)	599,4 (16,2)
Более 1 м	240,5 (6,5)	599,4 (16,2)	ограничений нет	

**Предельно допустимые плотности загрязнения
торфяно-болотных почв ^{90}Sr для выращивания сеяной
многолетней злаковой травосмеси, кБк/м^2 (Ки/км^2)**

Мощность торфяного слоя почвы	Уровень кислотности почвы, pH _(КС)		
	4,51–5,00	5,01–5,50	5,51–6,0
Для получения молока цельного			
Сено (влажность – 16 %)			
Менее 1 м	70,3 (1,9)	107,3 (2,9)	136,9 (3,7)
Более 1 м	77,7 (2,1)	85,1 (2,3)	99,9 (2,7)
Зелёная масса (влажность – 82 %)			
Менее 1 м	48,1 (1,3)	74,0 (2,0)	92,5 (2,5)
Более 1 м	51,8 (1,4)	55,5 (1,5)	66,6 (1,8)
Для получения молока сырья			
Сено (влажность – 16 %)			
Менее 1 м	ограничений нет		
Более 1 м	ограничений нет		
Зелёная масса (влажность – 82 %)			
Менее 1 м	ограничений нет		
Более 1 м	ограничений нет		

**Травосмеси, рекомендуемые при перезалужении пастбищ
на суходольных и низинных луговых землях,
загрязнённых ^{137}Cs и ^{90}Sr**

Тип почвы	Тип травостоя	Вид травосмеси	Норма высева, кг/га
Плотность загрязнения $^{137}\text{Cs} < 15 \text{ Ки/км}^2$, $^{90}\text{Sr} < 0,50 \text{ Ки/км}^2$			
Дерново-подзолистые автоморфные, дерново-подзолистые временно избыточно увлажнённые	Бобово-злаковые среднеспелые	овсяница луговая	15
		тимофеевка луговая	10
		клевер белый	3
		клевер луговой (раннеспелый)	2
		всего	30
	Бобово-злаковые позднеспелые	овсяница луговая	10
		тимофеевка луговая	8
		мятлик луговой	6
		клевер белый	3
		клевер луговой (позднеспелый)	3
		всего	30

Тип почвы	Тип травостоя	Вид травосмеси	Норма высева, кг/га
Дерновые, дер- ново-подзолистые полугидроморф- ные	Бобово-злаковые среднеспелые	овсяница луговая	10
		тимopheевка луговая	5
		кострец безостый или лисохвост луговой	6
		мятлик луговой	3
		клевер луговой (ранне- спелый)	3
		клевер белый	3
		всего	30
	Бобово-злаковые позднеспелые	овсяница луговая	8
		тимopheевка луговая	6
		кострец безостый или лисохвост луговой	4
		мятлик луговой	4
		клевер белый	5
		клевер гибридный (ро- зовый)	3
		всего	30
Плотность загрязнения ¹³⁷ Cs > 15 Ки/км ² , ⁹⁰ Sr > 0,50 Ки/км ²			
Дерново-подзоли- стые автоморф- ные, дерново-под- золистые временно избыточно увлаж- ненные	Злаковые ранне- спелые	овсяница луговая	10
		ежа сборная	8
		кострец безостый	5
		тимopheевка луговая	5
		мятлик луговой	2
		всего	30
Дерновые, дер- ново-подзолистые полугидроморф- ные	Злаковые ранне- спелые	ежа сборная	12
		лисохвост луговой или костер безостый	8
		овсяница луговая	5
		мятлик луговой	5
		всего	30

**Травосмеси, рекомендуемые для перезалужения пастбищ
на торфяных почвах, загрязненных ^{137}Cs и ^{90}Sr**

Тип почвы	Тип травостоя	Вид травосмеси	Норма высева, кг/га
Плотность загрязнения $^{137}\text{Cs} < 10,0 \text{ Ки/км}^2$, $^{90}\text{Sr} < 0,30 \text{ Ки/км}^2$			
Торфяные	Бобово-злаковые среднеспелые	тимopheевка луговая	6
		овсяница луговая	6
		кострец безостый или лисохвост луговой	6
		мятлик луговой	6
		клевер ползучий	6
		всего	30
	Бобово-злаковые позднеспелые	тимopheевка луговая	6
		овсяница луговая	6
		лисохвост луговой	4
		мятлик луговой	6
		клевер ползучий	4
		клевер гибридный	4
		всего	30
	Злаковые раннеспелые	ежа сборная	12
		лисохвост луговой	8
		овсяница луговая	6
		мятлик луговой	4
		всего	30
Плотность загрязнения $^{137}\text{Cs} > 10,0 \text{ Ки/км}^2$, $^{90}\text{Sr} > 0,30 \text{ Ки/км}^2$			
Торфяные	Злаковые раннеспелые	овсяница луговая	10
		ежа сборная	8
		кострец безостый	5
		тимopheевка луговая	5
		мятлик луговой	2
		всего	30
	Злаковые раннеспелые	ежа сборная	12
		лисохвост луговой или костер безостый	8
		овсяница луговая	5
		мятлик луговой	5
		всего	30

Травосмеси, рекомендуемые при перезалужении сенокосов на суходольных и низинных луговых землях, загрязненных ^{137}Cs и ^{90}Sr

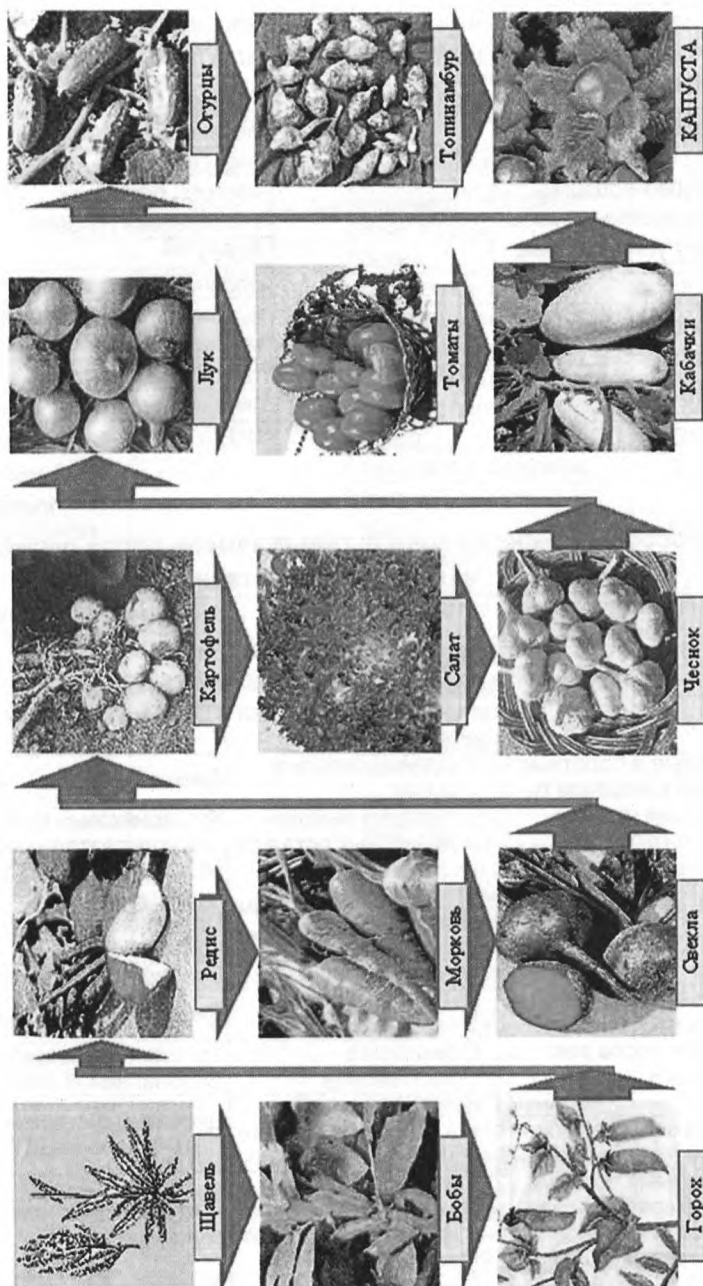
Тип почвы	Тип травостоя	Вид травосмеси	Норма высева, кг/га
Плотность загрязнения $^{137}\text{Cs} < 15 \text{ Ки/км}^2$, $^{90}\text{Sr} < 0,50 \text{ Ки/км}^2$			
Дерново-подзолистые автоморфные, дерново-подзолистые временно избыточно увлажненные	Бобово-злаковые раннеспелые	люцерна гибридная	10
		ежа 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, дерновоподзолистые 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

Тип почвы	Тип травостоя	Вид травосмеси	Норма высева, кг/га
Плотность загрязнения $^{137}\text{Cs} > 15 \text{ Ки/км}^2$, $^{90}\text{Sr} > 0,50 \text{ Ки/км}^2$			
Дерново-подзолистые автоморфные, дерново-подзолистые временно избыточно увлажненные	Злаковые раннеспелые	овсяница луговая	10
		ежа сборная	5
		кострец безостый	5
		тимофеевка луговая	5
		Всего	25
Дерновые, дерново-подзолистые полугидроморфные	Злаковые раннеспелые	овсяница луговая	10
		лисохвост луговой или костер безостый	5
		тимофеевка луговая	5
		мятлик луговой	5
		Всего	25

Способы обработки почв луговых земель после расчистки от мелколесья и кустарника

Тип и состояние земель	Технологические операции	Используемые машины
Луговые и болотные почвы с мощным гумусовым горизонтом, а также осушенные торфяники	1. Подъем целины на глубину 25 см на минеральных и до 35 см – на торфяных почвах	Кустарниково-болотные плуги ПБН-75, ПКБ-3-35 и др.
	2. Разделка пласта в 2–3 следа	Дисковые бороны БДТ-2,5А
	3. Сгребание выпавших древесных остатков с последующим сжиганием	Кустарниковые грабли ГТК-2,5 или корчеватели-собиратели МБ-2Б, МП-7А, ДП-8А. Сжигание вручную
	4. Планировка поверхности	Планировщики или тяжелые волокуши
	5. Прикатывание	Водоналивные катки
Участки с близким подзолистым горизонтом после раскорчевки	1. Дискование в несколько следов	Дисковые бороны БДТ-2,5А
	2. Планировка	Тяжелая рельсовая волокуша
	3. Прикатывание	Водоналивной каток ЗКВГ-1,4
Участки с маломощными дерново-подзолистыми почвами после срезки кустарника и мелколесья кусторезом	1. Безотвальная обработка плугами и боронование	Дисковый кустарниковый плуг ПДН-4, борона БДТ-3,0
	2. Выравнивание поверхности после сгребания древесных остатков в кучи и удаление	Планировщики или тяжелые волокуши
	3. Прикатывание	Водоналивные катки

УБЫВАЮЩИЕ РЯДЫ ПО НАКОПЛЕНИЮ ^{137}Cs ДЛЯ ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР



**Влияние механической очистки и термической обработки
растительного сырья на снижение содержания радионуклидов
в овощах и ягодах**

Исходное сырье	Способ обработки	Конечный продукт	Кратность снижения по отношению к исходному продукту, раз	
			⁹⁰ Sr	¹³⁷ Cs
Картофель	Мойка, очистка	Очищенный картофель	1,70	1,60
Картофель	Варка	Картофель вареный	1,20	1,30
Картофель	Жарка	Картофель жареный	1,20	
Огурцы	Маринование	Огурцы консервированные	1,50	1,40
Огурцы	Засолка	Огурцы соленые	1,70	1,85
Помидоры	Маринование	Помидоры консервированные	1,20	1,40
Помидоры	Перетирание	Томатная паста	1,20	
Корнеплоды	Удаление головки	Корнеплоды сырые	1,90	1,90
Свекла	Маринование	Свекла консервированная	1,10	1,25
Морковь	Маринование	Морковь консервированная	1,20	—
Капуста	Удаление кроющего листа	Капуста сырая	1,90	1,90
Капуста	Маринование	Капуста консервированная	1,22	1,30
Капуста	Засолка	Капуста соленая	1,40	—
Капуста	Квашение	Капуста квашеная	1,10	—
Ягоды	Изготовление сока	Сок неосветленный	2,00	2,00
Ягоды	Изготовление сока	Сок осветленный	—	3,00
Ягоды	Варка	Варенье	—	2,00
Ягоды	Варка	Компот	—	1,70
Грибы	Варка	Грибы вареные	1,1–1,3	1,5–10
Грибы	Консервирование	Грибы консервированные	—	1,5

**Влияние кулинарной обработки на снижение содержания
радионуклидов в мясных и рыбных продуктах**

Исходное сырье	Способ обработки	Конечный продукт	Кратность снижения по отношению к исходному продукту, раз	
			⁹⁰ Sr	¹³⁷ Cs
Мясо сырое (говядина, свинина, баранина, куры)	Варка	Мясо отварное	1,4	1,50–1,80
	Запекание	Мясо запеченное	–	1,20–1,50
	Тушение	Мясо тушеное	–	1,40–1,50
	Жарка	Мясо жареное, бифштекс	1,2	1,20–1,50
	Посол мокрый	Солонина	–	1,70–2,00
	Посол сухой	Солонина	–	1,10–1,30
	Маринование	Мясо шашлычное	–	1,70–1,90
	Изготовление колбас	Колбаса домашняя	–	1,05–1,75
Кости	Варка	Кости	1,003	1,3
Рыба потрошенная	Варка	Рыба отварная	1,5	1,16
Сало	Перетопка	Жир топленый	1,98	1,95–5,00

**Влияние способов переработки молока на содержание
радионуклидов в конечной продукции**

Вид продукции	КПмолоко-продукт*	
	⁹⁰ Sr	¹³⁷ Cs
Сливки (жирность 20 %)	0,78	0,60
Сливочное масло	0,09	0,12
Масло топленое	0	0,01
Творог кислотный	0,7	0,8
Сыры твердые	5,8	0,5
Сыры мягкие	4,0	0,7

* КПмолоко-продукт – отношение концентрации радионуклида (Бк/кг, Бк/л) в продукции к концентрации радионуклида в молоке.

**Рекомендуемый табель оснащения средствами измерений и
оборудованием подразделений контроля радиоактивного загряз-
нения Министерства сельского хозяйства и продовольствия**

№	Наименование средства измерений, оборудования	Количество, зона контроля	
		А	Б
Отдел радиологии Белорусского государственного ветеринарного центра			
1.	Гамма-спектрометр	1	—
2.	Гамма-бета-спектрометр	1	—
3.	Гамма-радиометр	1	—
4.	Бета-гамма-радиометр	1	—
5.	Малофоновая установка (УМФ-2000 или аналоги)	1	—
6.	Радиометр-дозиметр	3	—
7.	Вытяжной шкаф	2	—
8.	Муфельная печь	2	—
Отделы радиологии областных ветеринарных лабораторий, областных организаций агрохимической службы			
1.	Гамма-спектрометр	2	—
2.	Гамма-бета-спектрометр	4	1
3.	Гамма-радиометр	2	1
4.	Бета-гамма-радиометр	1	1
5.	Малофоновая установка (УМФ-2000 или аналоги)	2	1
6.	Радиометр-дозиметр	2	2
7.	Вытяжной шкаф	2	1
8.	Муфельная печь	4	1
Отдел радиологии Республиканской лаборатории по хлебопродуктам			
1.	Гамма-спектрометр	1	—
2.	Гамма-бета-спектрометр	1	—
3.	Гамма-радиометр	1	—
4.	Малофоновая установка (УМФ-2000 или аналоги)	1	—
5.	Радиометр-дозиметр	2	—
6.	Вытяжной шкаф	1	—
7.	Муфельная печь	2	—

Районные ветеринарные лаборатории и лаборатории ветеринарно-санитарной экспертизы рынков			
1.	Гамма-радиометр	2–3	1
2.	Радиометр-дозиметр	2	2
Подразделения контроля организаций			
1.	Гамма-радиометр	2	1
2.	Радиометр-дозиметр	2	2
3.	Гамма-бета-спектрометр	1	–
4.	Вытяжной шкаф	1	–
5.	Муфельная печь	1	–

Примечания: Минимальная детектируемая удельная активность радионуклида не более:

гамма-спектрометр 3,0 Бк/пробу ^{137}Cs ;

гамма-бета-спектрометр 2,0–3,0 Бк/кг ^{137}Cs ;

0,1–2,0 Бк/кг ^{90}Sr ;

гамма-радиометр 3,7 Бк/кг ^{137}Cs ;

малофоновая установка 0,1 Бк/кг ^{90}Sr .

Диапазон измерений: радиометр-дозиметр 0,1–100,0 мкЗв/ч.

Научное издание

Цыбулько Николай Николаевич
Лапа Виталий Витальевич
Богдевич Иосиф Михайлович и др.

**РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЕДЕНИЮ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА
НА ТЕРРИТОРИИ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ НА 2021–2025 ГОДЫ**

Ответственный за выпуск *Н. Ю. Жабровская*

Подписано в печать 24.03.2021 г. Формат 60х84/16.

Бумага офсетная. Печать офсетная.

Усл. печ. л. 8,37. Уч.-изд. л. 5,44.

Тираж 300 экз. Заказ 100.

Республиканское унитарное предприятие
«Информационно-вычислительный центр Министерства
финансов Республики Беларусь».
Свидетельства о государственной регистрации издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий
№1/161 от 27.01.2014, №2/41 от 29.01.2014.
Ул. Кальварийская, 17, 220004, г. Минск.