

СЗЛ.8

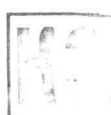
ДЕПАРТАМЕНТ ПО ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ  
КАТАСТРОФЫ НА ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АЭС МИНИСТЕРСТВА  
ПО ЧРЕЗВЫЧАЙНЫМ СИТУАЦИЯМ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

РЕСПУБЛИКАНСКОЕ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЕ  
УНИТАРНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ «ИНСТИТУТ РАДИОЛОГИИ»

**РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОПТИМИЗАЦИИ  
СИСТЕМЫ ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ  
ПОД МНОГОЛЕТНИЕ ЗЛАКОВЫЕ  
И БОБОВО-ЗЛАКОВЫЕ ТРАВосМЕСИ  
НА ЗАГРЯЗНЕННЫХ РАДИОНУКЛИДАМИ  
ТОРФЯНЫХ ПОЧВАХ**

Минск 2012

605917

Белорусская  
сельскохозяйственная  
библиотека

УДК 633.2/.3-15:631.8:631.438.2(083.132)

ББК 42.23

Р36

Рассмотрены и одобрены Ученым Советом РНИУП «Институт радиологии» (протокол № 16 от 10 ноября 2010 года).

Утверждены научно-техническим советом секции растениеводства Главного управления растениеводства Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь (протокол № 18 от 3 ноября 2011 г.), Межведомственным экспертным советом для выбора научных заданий в соответствии с направлениями научных исследований, определенными Государственной программой по преодолению последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС на 2011–2015 годы и на период до 2020 года (протокол № 3 от 13 декабря 2011 г.).

Рекомендации подготовили:

**РНИУП «Институт радиологии»:** А.Г. Подоляк, канд. с.-х. наук, Т.В. Ласько, В.В. Головешкин, М.И. Автушко, канд. геол.-минер. наук, Е.Г. Сарасеко, канд. биол. наук, С.А. Тагай.

**РУП «Институт почвоведения и агрохимии»:** И.М. Богдевич, академик НАН Беларуси, доктор с.-х. наук, Э.М. Батыршаев, канд. с.-х. наук, И.И. Новикова, С.В. Шульга, О.Г. Овчинникова.

**Рецензент:** главный научный сотрудник РУП «Институт мелиорации» доктор с.-х. наук, профессор А.С. Мееровский.

**Рекомендации** по оптимизации системы применения удобрений под многолетние злаковые и бобово-злаковые травосмеси на загрязненных радионуклидами торфяных почвах / РНИУП «Институт радиологии»; подгот.: А.Г. Подоляк [и др.]. – Минск: Институт радиологии, 2012. – 40 с.

ISBN 978-985-7003-17-4

**В рекомендациях** на основе многолетних экспериментальных исследований разработана оптимальная система применения минеральных удобрений под многолетние злаковые и бобово-злаковые травосмеси с учетом сохранения высокой продуктивности (60-100 ц/га к.ед.) луговых земель на торфяных почвах, загрязненных радионуклидами в результате катастрофы на Чернобыльской АЭС, обеспечивающая минимальное поступление  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в корма и сохранение высокого уровня почвенного плодородия за счет оптимизации основных агрохимических свойств.

Материалы предназначены для руководителей и специалистов сельскохозяйственных организаций агропромышленного комплекса Республики Беларусь, преподавателей и студентов сельскохозяйственных учебных заведений.

УДК 633.2/.3-15:631.8:631.438.2(083.132)

ББК 42.23

ISBN 978-985-7003-17-4

© Департамент по ликвидации последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС, 2012  
© РНИУП «Институт радиологии», 2012

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение .....	5
1. Радиологическая и агрохимическая характеристика луговых земель на торфяных почвах .....	6
2. Возделывание многолетних злаковых и бобово-злаковых травосмесей на торфяных почвах в условиях радиоактивного загрязнения.....	7
2.1 Влияние доз и соотношений минеральных удобрений на урожай многолетних трав .....	7
2.2 Влияние минеральных удобрений на поступление $^{137}\text{Cs}$ и $^{90}\text{Sr}$ в злаковые и бобово-злаковые травостои .....	10
2.3 Влияние доз минеральных удобрений на зоотехническое качество кормов .....	12
3. Система применения минеральных удобрений под злаковые и бобово-злаковые травосмеси на торфяных почвах, загрязненных $^{137}\text{Cs}$ и $^{90}\text{Sr}$ .....	15
3.1 Известкование .....	16
3.2 Азотные удобрения .....	17
3.3 Фосфорные удобрения .....	19
3.4 Калийные удобрения .....	20
3.5 Микроудобрения .....	22
4. Прогноз загрязнения урожая злаковых и бобово-злаковых травостоев радионуклидами в зависимости от основных агрохимических свойств торфяных почв .....	23
5. Ограничения по плотности загрязнения торфяных почв $^{137}\text{Cs}$ и $^{90}\text{Sr}$ при возделывании злаковых и бобово-злаковых травосмесей для производства нормативно чистой животноводческой продукции .....	26
6. Экономическая оценка эффективности внесения удобрений под злаковые и бобово-злаковые травосмеси на загрязненных радионуклидами торфяных почвах.....	29
Заключение .....	33
Список использованных источников.....	34
Приложения .....	36

## ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

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

**Стронций (Sr)** – щелочноземельный химический элемент второй группы периодической системы, имеющий радиоактивный изотоп  $^{90}\text{Sr}$  с периодом полураспада 29 лет.

**Цезий (Cs)** – щелочной элемент первой группы периодической системы, имеющий радиоактивный изотоп  $^{137}\text{Cs}$  с периодом полураспада 30 лет.

**Загрязнение радиоактивное** – присутствие радионуклидов в организме человека, на поверхности, внутри материала, в воздухе и других объектах окружающей среды в количествах, превышающих допустимые уровни.

**Беккерель (Бк)** – единица радиоактивности в системе СИ, равная одному распаду в секунду,  $2,7 \cdot 10^{11}$  Ки.

**Кюри (Ки)** – внесистемная единица радиоактивности, равная  $3,7 \cdot 10^{10}$  Бк.

**кБк/м<sup>2</sup>** – единица поверхностной радиоактивности (плотности загрязнения почвы).

**Ки/км<sup>2</sup>** – внесистемная единица поверхностной радиоактивности (плотности загрязнения почвы).

**Удельная активность (Бк/кг)** – активность радионуклида в 1 кг вещества (почвы, растений и т. д.).

**Коэффициент перехода Кп (Бк/кг раст./кБк/м<sup>2</sup> почва)** – отношение удельной активности радионуклида в растительном образце к плотности загрязнения почвы.

**Защитные меры (контрмеры)** – комплекс специальных мероприятий (организационных, агротехнических, агрохимических, зооветеринарных, технологических, санитарно-гигиенических), предпринимаемых с целью снижения радиоактивного загрязнения сельскохозяйственной продукции.

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

**ПДУ** – предельно допустимый уровень плотности поверхностного загрязнения почвы радионуклидами, при которой возможно производство сельскохозяйственной продукции, соответствующей требованиям РДУ-99.

**к.ед.** – кормовая единица, равная питательности 1 кг зерна овса.

**д.в.** – действующее вещество.

## ВВЕДЕНИЕ

Увеличение производства растительного белка при возделывании бобово-злаковых травосмесей в полевом и луговом кормопроизводстве позволяет ежегодно на 25-30% сокращать расход кормов на единицу животноводческой продукции.

Целесообразно расширять площади с бобово-злаковыми травостоями на осушенных торфяных почвах. При 30% бобовых в составе травостоя за счет фиксации азота атмосферы экономится 80-90 кг/га азота удобрений [1]. Травосмеси на протяжении всего срока их использования более продуктивны, чем одновидовые посевы трав, так как лучше переносят неблагоприятные условия, полнее реализуют факторы роста, а более высокая плотность травостоя обуславливает меньшую засоренность.

В связи с удорожанием энергоносителей и минеральных удобрений возрастает роль эффективного использования торфяных почв, обладающих большими природными запасами органического вещества. Необходимо использовать ресурсосберегающую систему применения минеральных удобрений, которая построена таким образом, чтобы компенсировать вынос элементов питания с урожаем и обеспечивать хотя бы минимальное повышение запасов в почвах фосфора и калия. На почвах с более низким содержанием фосфора и калия расчетные дозы фосфорных и калийных удобрений на 40-80% превышают вынос указанных элементов с целью постепенного повышения их запасов в почвах, а на почвах с содержанием фосфора и калия более 300 мг/кг – при расчете доз удобрений предусматривается только частичная (50-60%) компенсация выноса. Азотные удобрения применяются в оптимальных дозах на получение планируемой урожайности. Реализация этой системы позволяет осуществлять выравнивание агрохимической пестроты полей и получить максимальную отдачу от минеральных удобрений [2].

Анализ литературных данных показывает, что торфяные почвы отличаются повышенным переходом радионуклидов, особенно  $^{137}\text{Cs}$ , в урожай сельскохозяйственных культур [3]. Поэтому особое внимание следует уделять проведению защитных мероприятий по снижению перехода  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  из почвы в многолетние травы, которые должны составить основу кормового баланса крупного рогатого скота (КРС) в Беларуси.

На загрязненных радионуклидами почвах азот, фосфор, калий выступают не только как элементы минерального питания, но и как факторы изменения интенсивности перехода  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  из почвы в растения. Поэтому применение удобрений в оптимальном соотношении на торфяных

почвах под многолетние травы позволяет достичь снижения перехода радионуклидов из почвы в корма.

Выполнение данных рекомендаций в условиях сельскохозяйственного производства обеспечит получение полноценных по зоотехническим требованиям и радиологическим нормативам кормов на торфяных почвах, что позволит минимизировать риски производства молока и мяса с превышением РДУ-99.

## 1. РАДИОЛОГИЧЕСКАЯ И АГРОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЛУГОВЫХ ЗЕМЕЛЬ НА ТОРФЯНЫХ ПОЧВАХ

Торфяные почвы с содержанием органического вещества более 50% различных типов и с разной мощностью торфа в настоящее время занимают 754 тыс. га. Из них на сенокосы и пастбища приходится 507 тыс. га, или 25,9% общей площади сенокосов и пастбищ. Пашня занимает 236 тыс. га торфяных почв, или 5,2% всей пашни (приложение А).

Агрохимическая характеристика торфяных почв, занятых под сенокосами и пастбищами, представлена в приложениях Б и В.

Важнейшим фактором сохранения высокой продуктивности (60-100 ц/га к.ед.) луговых земель на торфяных почвах является достижение высокого уровня почвенного плодородия и оптимальных агрохимических свойств за счет применения минеральных удобрений.

По результатам 11-го тура агрохимического и радиологического обследования сельскохозяйственных земель во многих хозяйствах пострадавших районов отмечено снижение содержания в торфяных почвах фосфора и калия. Особенно выделяются сенокосы и пастбища, где снижены дозы азотных, калийных и более всего фосфорных удобрений. Низко и слабо обеспеченные подвижным калием торфяные почвы (<400 мг/кг) занимают: в Гомельской области – 71,5%, Брестской – 72,4% и Могилевской – 86,1% от всей площади сенокосов и пастбищ. Наблюдается пестрота по обеспеченности сенокосов и пастбищ по содержанию подвижного калия и фосфора. В связи с этим дозы фосфорных и калийных удобрений на луговых землях дифференцируются с учетом их обеспеченности подвижным калием и фосфором, плотности загрязнения  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$ , что позволит повысить их окупаемость прибавкой урожая, снизить производственные затраты и величину накопления радионуклидов в кормах.

По данным РУП «Института почвоведения и агрохимии», в настоящее время в Беларуси используется 64,6 тыс. га сенокосов и пастбищ на торфяных почвах с плотностью загрязнения  $^{137}\text{Cs}$  выше 37 кБк/м<sup>2</sup> (1 Ки/км<sup>2</sup>). Эти

проблемные земли преимущественно сосредоточены в Гомельской (56%), Могилевской (14%) и Брестской (14%) областях. Большая часть луговых земель на торфяных почвах в Гомельской области (61%) одновременно загрязнены и  $^{90}\text{Sr}$  с плотностью выше 5,55 кБк/м<sup>2</sup> (0,15 Ки/км<sup>2</sup>) (приложение Г).

Стратегия в использовании торфяных почв в регионе Белорусского Полесья сводится к тому, чтобы в ближайшее время полностью исключить возделывание на них зерновых и пропашных культур, заменив их высокопродуктивными сенокосами и пастбищами длительного пользования с учетом почвенно-климатических условий и их плотности загрязнения радионуклидами.

Известно, что если исключить из рационов молочных коров луговое сено и заменить его сеном сеяных трав, то суммарное поступление  $^{137}\text{Cs}$  в организм животных снижается от 9 до 12 раз, а содержание в молоке от 3,6 до 5,5 раза.

## 2. ВОЗДЕЛЫВАНИЕ МНОГОЛЕТНИХ ЗЛАКОВЫХ И БОБОВО-ЗЛАКОВЫХ ТРАВСМЕСЕЙ НА ТОРФЯНЫХ ПОЧВАХ В УСЛОВИЯХ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

В комплексе мер по повышению урожайности трав на сенокосах и пастбищах и сохранению их устойчивого продуктивного долголетия ведущая роль принадлежит системе применения удобрений. Травы интенсивного типа, не получившие достаточного количества удобрений, очень быстро выпадают. Оптимизация минерального питания гарантирует стабильную продуктивность и устойчивость к экстремальным природным явлениям [4].

### 2.1 Влияние доз и соотношений минеральных удобрений на урожайность многолетних трав

Исследования с различными видами и дозами минеральных удобрений при возделывании злаковой травосмеси (овсяница луговая – 6 кг/га, костреч безостый – 14 кг/га, тимофеевка луговая – 6 кг/га) в условиях стационарного полевого эксперимента проводились на торфяной маломощной почве низинного типа, развивающейся на древесно-осоковых торфах (0,8-1,0 м), подстилаемых песком. Агрохимические показатели почвы следующие: зольность – 17,6%,  $\text{pH}_{\text{KCl}}$  – 5,38,  $\text{P}_2\text{O}_5$  – 202 мг/кг;  $\text{K}_2\text{O}$  – 300 мг/кг;  $\text{CaO}$  – 13495 мг/кг;  $\text{MgO}$  – 524 мг/кг почвы. Плотность загрязнения  $^{137}\text{Cs}$  – 378 кБк/м<sup>2</sup> (10,2 Ки/км<sup>2</sup>),  $^{90}\text{Sr}$  – 14,3 кБк/м<sup>2</sup> (0,39 Ки/км<sup>2</sup>). Данные по урожай-

ности сена злаковых трав, полученные в полевом эксперименте, представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Влияние системы применения минеральных удобрений на урожайность сена многолетней злаковой травосмеси на торфяной почве

Доза удобрений	Урожайность ц/га				Прибавка, ц/га
	2008 г.	2009 г.	2010 г.	среднее за 3 года	
Без удобрений	49,2	45,2	17,9	37,4	-
N30P60K120	86,3	95,4	75,9	85,9	48,5
N30P60K120+Cu <sub>200</sub>	88,4	104,8	78,8	90,7	53,3
<b>N60P90K180+Cu<sub>200</sub></b>	<b>118,5</b>	<b>118,0</b>	<b>100,5</b>	<b>112,3</b>	<b>74,9</b>
N60P90K240+ Cu <sub>200</sub>	117,7	131,6	106,2	118,5	81,1
N30P60K120+Cu <sub>200</sub> + CaCO <sub>3</sub> (3 т/га)	86,2	96,8	77,6	86,9	49,5
HCP <sub>0,5</sub>	5,6	5,0	3,3	4,6	

Дозы минеральных удобрений под многолетние травы рассчитывали с учетом выноса питательных веществ из почвы под планируемый урожай.

Внесение азотных удобрений под злаковые травосмеси в дозе 60 кг/га д.в. по сравнению с 30 кг/га д.в. на фоне P60K120 дает значительную прибавку урожая сена – 12,3 ц/га, увеличение дозы азота до 90 кг/га д.в. на торфяных почвах нецелесообразно. Прибавка урожая незначительная и составляет 4,5 ц/га, что экономически не выгодно.

Дозы фосфорных удобрений под многолетние злаковые травы при низкой обеспеченности почвы фосфором составляют 60-90 кг/га д.в., что способствует получению высокого урожая.

Прибавка урожая сена злаковых трав от дозы калийных удобрений 180 кг/га д.в. на фоне N60P90+Cu<sub>200</sub> составляет 74,9 ц/га. Более высокие дозы калийных удобрений увеличивают непроизводительные потери калия, повышают содержание калия в травах, происходит существенный сдвиг соотношения в кормах двухвалентных и одновалентных катионов, что заметно ухудшает их качественные показатели. Как выявили исследования, на торфяных почвах оптимальным соотношением между фосфором и калием в питательном растворе для многолетних трав является от 1:1,5 до 1:2.

Снижение урожайности сена злаковых трав в 2010 году обусловлено неблагоприятными засушливыми погодными условиями, которые особенно сказались на продуктивности второго укоса.

Исследования по возделыванию бобово-злаковой травосмеси (коострец безостый – 6 кг/кг, овсяница луговая – 6 кг/га, тимофеевка луговая – 6 кг/га, клевер гибридный – 4 кг/га, клевер ползучий – 4 кг/га, клевер луговой – 4 кг/га) проводились на осушенной торфяной маломощной почве низинного типа, развивающейся на гипново-осоково-тростниковых торфах, подстилаемой с глубины 0,8 м легким суглинком. Агрохимические показатели почвы следующие: зольность торфа – 26,5%; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 173 мг/кг; K<sub>2</sub>O – 335 мг/кг; CaO – 1100 мг/кг; MgO – 700 мг/кг; Cu – 5,1; B – 3,1; Zn – 5,2 мг/кг почвы; рН<sub>KCl</sub> – 4,8. Плотность загрязнения почвы <sup>137</sup>Cs составила 108,5 кБк/м<sup>2</sup> (2,9 Ки/км<sup>2</sup>), <sup>90</sup>Sr – 44,5 кБк/м<sup>2</sup> (1,20 Ки/км<sup>2</sup>). Данные исследований по урожайности бобово-злаковых травосмесей представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Влияние доз и соотношений минеральных удобрений на урожайность зеленой массы многолетней бобово-злаковой травосмеси на торфяной почве

Варианты опыта	Урожайность, ц/га			Прибавка, ц/га
	2009 г.	2010 г.	среднее	
CaCO <sub>3</sub> (5 т/га)–фон	311,8	345,8	328,8	-
N30P50K120+CaCO <sub>3</sub> (5 т/га)	476,5	428,4	452,5	123,7
<b>N30P50K200+CaCO<sub>3</sub> (5 т/га)</b>	<b>525,9</b>	<b>472,7</b>	<b>499,3</b>	<b>170,5</b>
N30P50K280+CaCO <sub>3</sub> (5 т/га)	563,3	520,8	542,1	213,3
N30P90K280+CaCO <sub>3</sub> (5 т/га)	582,9	542,3	562,6	233,8
N30P50K200+CaCO <sub>3</sub> (5 т/га)+ Cu <sub>100</sub> +Zn <sub>100</sub> +Mo <sub>50</sub> +B <sub>50</sub>	538,1	486,7	512,4	183,6
HCP <sub>0,5</sub>	21,0	23,8	15,8	

Эффективность азотных удобрений под бобово-злаковые травосмеси на минеральных и торфяных почвах значительно ниже, чем под злаковые, и зависит от соотношения бобовых и злаковых трав, доз и сроков внесения азота. Если на злаковых травосмесях каждый килограмм азота дает дополнительно 20–30 к.ед., то на бобово-злаковых – в 2 раза меньше. Эффективность азотных удобрений начинает снижаться, когда доля бобовых в травостое превышает 20%. Травостой с высоким удельным весом клевера лугового и ползучего (30–40% и более) позволяют за счет использования биологического азота при подкормке только фосфорными и калийными удобрениями получать сбор кормов примерно 4 т к.ед. с 1 га.

Фосфорные удобрения, вносимые под бобово-злаковые травосмеси в дозе P50 и в повышенной дозе P90, оказались эффективны, хотя они обеспечивают сравнительно меньшие прибавки, чем калийные удобрения, соответственно по 8,5 и 9,5 к.ед. на 1 кг P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

Внесенные под бобово-злаковые травостой дозы калия от 120 до 280 кг/га д.в. на фоне CaCO<sub>3</sub> (5 т/га) + N30P50 позволяют получать 67,5 – 157,1 ц/га зеленой массы. Прибавка урожайности зеленой массы на 1 кг K<sub>2</sub>O при дозах 120, 200 и 280 кг/га практически оставалась неизменной 11,8 – 12,0 – 11,8 к.ед.

## 2.2 Влияние минеральных удобрений на поступление <sup>137</sup>Cs и <sup>90</sup>Sr в злаковые и бобово-злаковые травостой

В комплексе агрохимических приемов важная роль отводится регулированию азотного питания растений. С одной стороны, при недостатке доступного азота в почве сильно снижается урожайность, а с другой – применение высоких доз одних азотных удобрений усиливает накопление не только радионуклидов, но и нитратов в злаковых и бобово-злаковых травосмеси. В настоящее время считается целесообразным на луговых землях на торфяных почвах, загрязненных <sup>137</sup>Cs и <sup>90</sup>Sr, применять минимальные дозы азотных удобрений в составе полного минерального удобрения со значительным преобладанием калия. Установлено, что внесение повышенных доз азотных удобрений (90 кг/га д.в.) под злаковые травы усиливает поступление радионуклидов из почвы в растения 1,4 раза <sup>137</sup>Cs и 1,2 <sup>90</sup>Sr (таблица 3).

Таблица 3 – Влияние минеральных удобрений на поступление <sup>137</sup>Cs и <sup>90</sup>Sr в сено злаковой травосмеси на торфяной маломощной почве (среднее за 3 года)

Вариант	Кп <sup>137</sup> Cs Бк/кг: кБк/м <sup>2</sup>	Кратность снижения накопления <sup>137</sup> Cs	Кп <sup>90</sup> Sr Бк/кг: кБк/м <sup>2</sup>	Кратность снижения накопления <sup>90</sup> Sr
N30P60K120	3,7±0,7	-	2,6±0,5	-
N30P60K120+Cu <sub>200</sub>	3,4±0,7	1,1	2,5±0,4	1,1
N60P60K120+Cu <sub>200</sub>	4,5±0,9	0,8	2,9±0,6	0,9
N90P60K120+Cu <sub>200</sub>	5,1±1,1	0,7	3,1±0,4	0,8
<b>N60P90K180+Cu<sub>200</sub></b>	<b>2,1±0,4</b>	<b>1,8</b>	<b>2,0±0,3</b>	<b>1,3</b>
N60P90K240+Cu <sub>200</sub>	1,6±0,3	2,2	1,8±0,4	1,4
N30P60K120+Cu <sub>200</sub> +CaCO <sub>3</sub> (5 т/га)	3,1±0,7	1,2	2,4±0,4	1,1

Обязательным приемом, обеспечивающим снижение перехода радионуклидов из торфяных почв в злаковые и бобово-злаковые травосмеси, является применение научно-обоснованных доз фосфорных удобрений. Фосфорные удобрения не только способствуют повышению урожая трав, но и фиксации <sup>90</sup>Sr фосфатами и, таким образом, снижению его поступления в растения. Установлено, что внесение фосфорных удобрений в дозе 90 кг/га д.в. под сеяную злаковую травосмесь на торфяной почве снижает Кп <sup>137</sup>Cs в 1,2 и <sup>90</sup>Sr в 1,1 раза. Учитывая дефицит фосфорных удобрений и их высокую себестоимость, рекомендуется на загрязненных торфяных почвах обеспечить внесение минимума фосфорных удобрений, необходимого для сбалансированного питания злаковых и бобово-злаковых травостоев с учетом содержания подвижных фосфатов в почве.

Основной агрохимический прием, ограничивающий поступление <sup>137</sup>Cs в травостой на торфяных почвах, – это применение повышенных доз калийных удобрений. С повышением количества калия в почве или питательной среде снижается поступление <sup>137</sup>Cs в растения. Это связано с антагонистическим характером отношения цезия и калия в почвенном растворе и позитивным влиянием последнего на урожай, особенно на низко обеспеченных калием почвах. На слабо обеспеченной калием (300 мг/кг почвы) торфяной почве со злаковой травосмесью повышение доз калийных удобрений от 120 кг/га д.в. до 180 и 240 кг/га д.в. позволяет снизить поступление <sup>137</sup>Cs в 2,2 раза.

Повышение доз калия от 120 до 280 кг/га д.в. на фоне азотных и фосфорных удобрений более эффективное влияние оказывает на снижение содержания <sup>137</sup>Cs в зеленой массе бобово-злаковой, чем <sup>90</sup>Sr (таблица 4).

Таблица 4 – Влияние минеральных удобрений на поступление <sup>137</sup>Cs и <sup>90</sup>Sr в зеленую массу бобово-злаковой травосмеси на торфяной маломощной почве (среднее за 2 года)

Вариант	Кп <sup>137</sup> Cs Бк/кг: кБк/м <sup>2</sup>	Кратность снижения накопления <sup>137</sup> Cs	Кп <sup>90</sup> Sr Бк/кг: кБк/м <sup>2</sup>	Кратность снижения накопления <sup>90</sup> Sr
CaCO <sub>3</sub> (5 т/га)–фон	0,62±0,14	-	1,34±0,26	-
N30P50K120 +CaCO <sub>3</sub> (5 т/га)	0,40±0,10	1,6	1,02±0,26	1,3
<b>N30P50K200 +CaCO<sub>3</sub> (5 т/га)</b>	<b>0,28±0,05</b>	<b>2,2</b>	<b>0,89±0,18</b>	<b>1,5</b>
N30P50K280 +CaCO <sub>3</sub> (5 т/га)	0,21±0,03	3,0	0,78±0,24	1,7
N30P90K280+CaCO <sub>3</sub> (5 т/га)	0,19±0,04	3,3	0,68±0,16	2,0

Вариант	Кп <sup>137</sup> Cs Бк/кг: кБк/м <sup>2</sup>	Кратность снижения накоп- ления <sup>137</sup> Cs	Кп <sup>90</sup> Sr Бк/кг: кБк/м <sup>2</sup>	Кратность снижения накоп- ления <sup>90</sup> Sr
N30P50K200+CaCO <sub>3</sub> (5 т/га) +Cu <sub>100</sub> +Zn <sub>100</sub> +Mo <sub>50</sub> +B <sub>50</sub>	0,26±0,08	2,4	0,84±0,22	1,6
N30P50K200+CaCO <sub>3</sub> (10 т/га)	0,26±0,06	2,4	0,88±0,20	1,5

При дозе N30P90K280 на фоне известкования кратность снижения накопления <sup>137</sup>Cs в корме составляет 3,3; <sup>90</sup>Sr – 2,0.

Известкование является одним из приемов позволяющим снизить поступления радионуклидов из почвы в растения (<sup>137</sup>Cs и <sup>90</sup>Sr в 1,1 раза в злаковые травы). При внесении известковых мелиорантов в кислой почве резко увеличивается содержание подвижного кальция и магния, что влияет на биологическую доступность радионуклидов, особенно <sup>90</sup>Sr.

При плотности загрязнения 5-40 Ки/км<sup>2</sup> по <sup>137</sup>Cs и 0,30-3,0 Ки/км<sup>2</sup> по <sup>90</sup>Sr дозы известковых удобрений повышаются из расчета доведения реакции почвенной среды до оптимального уровня за один прием. На сенокосах и пастбищах известковые мелиоранты вносятся в предпосевную культивацию при перезалужении или коренном улучшении.

На загрязненных радионуклидами торфяных почвах применение микроудобрений приобретает особую значимость, так как основными формами микроудобрений являются сульфаты, катионы которых могут быть антагонистами радионуклидов стронция и цезия при поступлении их в растения. Применение сульфата меди в дозе 200 г/га д.в. в виде некорневой подкормки с многолетними злаковыми травами позволяет снизить Кп <sup>137</sup>Cs на 10%.

### 2.3 Влияние доз минеральных удобрений на зоотехническое качество кормов

Применяемые дозы и соотношения минеральных удобрений должны не только обеспечивать высокую урожайность травосмесей, но и получение качественного корма в соответствии с зоотехническими требованиями.

По обобщенным данным, многолетние травы при своевременной уборке на сено содержат азота 1,6–1,9%, К<sub>2</sub>O–1,5–2,8% и P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>–0,5–0,6%. С 10 ц сена отчуждается до 20 кг азота, 5–6 кг фосфора и более 20 кг калия. Кроме основных элементов питания, в луговых травах содержится около 0,7–0,8% кальция, 0,2–0,3% – магния, а также микроэлементы: медь (3–5

мг/кг), молибден (3–7 мг/кг), бор (10–15 мг/кг в злаковых и 20–30 мг/кг в бобовых) [5].

Согласно ГОСТ 4808-87, содержание сырого протеина в сухом веществе злаковых трав должно составлять не менее 8-10%, содержание клетчатки не должно превышать 28-30%, а отношение калия к сумме кальция и магния – 2,2-2,4. В сухом веществе трав оптимальным является содержание: P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 0,30–0,50% (не менее 0,20%), К<sub>2</sub>O–1,2–2,5%, Са–0,4–0,8%, Mg–0,15–0,25%. Содержание в травах сенокосных угодий 1,8–2,4% азота является оптимальным, а при пастбищном использовании – 2,4–2,8%

Наилучшие показатели зоотехнического качества сена злаковых трав отмечены при дозе удобрений N60P90K180+Cu с содержанием сырого протеина 11,1%, сырой клетчатки 30,2 % и 0,65 к.ед. в кг сухого вещества, нитраты находятся в пределах допустимого уровня в кормах (таблица 5).

Таблица 5 – Зоотехнические показатели сена (при 16% стандартной влажности) многолетних злаковых трав (среднее за 2008 – 2010 гг.)

Вариант	к. ед.	Сырая	Сырой	К	Са	Mg	К/ (Са+Mg)	Нит- раты, мг/кг
		клет- чатка	про- теин					
%								
N30P60K120	0,53	36,5	11,6	2,5	0,57	0,21	3,2	477
N30P60K120+Cu <sub>200</sub>	0,61	32,0	10,7	2,5	0,52	0,18	3,6	536
<b>N60P90K180+Cu<sub>200</sub></b>	<b>0,65</b>	<b>30,2</b>	<b>11,1</b>	<b>2,6</b>	<b>0,75</b>	<b>0,33</b>	<b>2,4</b>	<b>651</b>
N60P90K240+Cu <sub>200</sub>	0,59	33,3	11,8	2,6	0,64	0,35	2,6	865

Согласно результатам определения химического состава сена многолетней бобово-злаковой травосмеси, содержание основных элементов питания в среднем за 2 года при оптимальных дозах минеральных удобрений находится в пределах нормы (таблица 6).

Таблица 6 – Химический состав сена (при 16% стандартной влажности) многолетней бобово-злаковой травосмеси (среднее за 2009 – 2010 гг.)

Варианты	Сырой про- теин	P	K	К/(Са+Mg)	Cu	Zn
					мг/кг	
%						
CaCO <sub>3</sub> (5 т/га)–фон	25,0	0,37	2,4	1,6	7,7	34,9
N30P50K120+CaCO <sub>3</sub> (5 т/га)	25,0	0,42	2,7	2,2	7,1	29,6

Варианты	Сырой про-теин	Р	К	K/(Ca+Mg)	Cu	Zn
	%				мг/кг	
N30P50K200+CaCO <sub>3</sub> (5 т/га)	23,8	0,42	3,0	2,4	6,1	31,4
N30P50K280+CaCO <sub>3</sub> (5 т/га)	25,0	0,43	3,7	3,2	6,1	33,2
N30P50K200+CaCO <sub>3</sub> (5 т/га)+ Cu <sub>100</sub> +Zn <sub>100</sub> +Mo <sub>50</sub> +B <sub>50</sub>	25,0	0,40	2,7	2,3	7,0	30,9
N30P50K200+CaCO <sub>3</sub> (10 т/га)	24,4	0,41	3,1	2,4	6,2	29,8

По мере повышения загрязнения почв радионуклидами потребность в калии увеличивается. Изучение содержания калия в многолетних травосмесях особенно важно на торфяных почвах, так как применение повышенных доз калийных удобрений может приводить к избыточному накоплению данного элемента в растениях. При внесении высоких доз калийных удобрений содержание калия в растениях превышает нормативные показатели, поэтому *доза K280 может применяться только на сбалансированном фоне N60P90*.

При выборе оптимальной дозы удобрений необходимо учитывать, что при недостатке фосфора в почве внесение азота и калия со временем еще больше снижает содержание его в растениях.

Применение азотных, фосфорных и калийных удобрений может приводить к переходу в разряд дефицитных других элементов питания, в частности микроэлементов. Микроэлементы повышают эффективность азота, фосфора и калия и их поступление в растения. Микроэлементы влияют на передвижение и перераспределение минеральных элементов в растении. Так, цинк изменяет проницаемость мембран для калия и магния. При внесении на торфяных почвах меди увеличивается усвояемость фосфора. Роль медных удобрений возрастает при известковании почв.

Допустимый уровень содержания основных микроэлементов в грубых кормах составляет (мг/кг): железо – 100; медь – 30; цинк – 30; кобальт – 1,0; йод – 2,0. Изменения в содержании микроэлементов в сене многолетних злаковых трав в зависимости от доз вносимых удобрений представлены в таблице 7.

Содержание микроэлементов в сене злаковых трав при оптимальной системе внесения удобрений находится в пределах допустимых уровней содержания их в кормах. Повышенные дозы калийных удобрений способствуют увеличению содержания в растениях цинка, марганца, меди и снижению железа.

Таблица 7 – Содержание микроэлементов в сене (при 16% стандартной влажности) многолетних злаковых трав (среднее за 2008 – 2010 гг.)

Вариант	Fe	Cu	Zn	Co	Mn	I
	мг/кг					
Без удобрений	83,0	7,8	25,2	0,060	95,7	0,25
N30P60K120	71,3	5,6	17,3	0,053	94,8	0,16
N30P60K120+Cu <sub>200</sub>	79,3	6,9	16,8	0,062	105,7	0,15
<b>N60P90K180+Cu<sub>200</sub></b>	<b>76,0</b>	<b>7,8</b>	<b>22,9</b>	<b>0,055</b>	<b>120,9</b>	<b>0,15</b>
N60P90K240+Cu <sub>200</sub>	64,7	8,3	23,4	0,059	120,0	0,17

Для оценки безопасности кормов в Республике Беларусь введен ветеринарно-санитарный норматив «Показатели безопасности кормов» [6], включающий допустимые уровни тяжелых металлов в кормах для условий республики, рассчитанные с учетом вида корма, целевого направления животноводства, его продуктивности, обеспечивающие получение животноводческой продукции в пределах ветеринарных требований.

### 3. СИСТЕМА ПРИМЕНЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ ПОД ЗЛАКОВЫЕ И БОБОВО-ЗЛАКОВЫЕ ТРАВΟΣМЕСИ НА ТОРФЯНЫХ ПОЧВАХ, ЗАГРЯЗНЕННЫХ <sup>137</sup>CS И <sup>90</sup>SR

В настоящее время особое значение приобретает регулирование элементов питания в почве путем внесения удобрения с учетом потребности растений и свойств почвы. Тесная взаимосвязь содержания элементов питания в почве с урожайностью сельскохозяйственных культур и эффективностью вносимых удобрений побуждают с особым вниманием отнестись к учету количества и степени подвижности питательных веществ в почве, к установлению оптимального уровня содержания их и на основе этого – определению оптимальных норм внесения удобрений.

Важнейшее условие рационального применения удобрений – установление эффективных доз, видов, форм и технологии их применения в зависимости от свойств почвы, состава травостоя и способа его использования. Результаты многолетних исследований показали, что наиболее высокую отдачу от удобрений на сенокосно-пастбищных угодьях на почвах данного типа можно получить, используя азот из запасов почвы за счет интенсивного внесения калийных, фосфорных, а также медных и борных микроудобрений.



Научно обоснованное питание многолетних трав не только обеспечивает рост их продуктивности, продлевает сроки использования травостоя, делает их менее чувствительными к неблагоприятным погодным условиям, но и снижает поступление радионуклидов в условиях радиоактивного загрязнения.

### 3.1 Известкование

Для сенокосов, расположенных на торфяных почвах, оптимальная величина  $pH_{KCl}$  находится в пределах 5,0-5,5 для злаковых травосмесей и 5,5-6,2 – для бобово-злаковых [7].

При оптимальных значениях реакции почвенной среды отмечается минимальное поступление радионуклидов в многолетние травы. Известкование обеспечивает не только устойчивое снижение поступления радионуклидов в луговые травы (до 2 раз  $^{137}Cs$  и до 3 раз  $^{90}Sr$ ), но и увеличивает их урожайность (прибавка урожая сена до 10 ц/га) и способствует повышению почвенного плодородия (за счет увеличения в почвенном растворе и почвенно-поглощающем комплексе ионов  $Ca^{2+}$  и  $Mg^{2+}$ ), а также в значительной степени улучшает ботанический состав травостоя, увеличивает в нем содержание кальция и фосфора.

Проведение известкования под злаковые травосмеси на оптимальных по кислотности торфяных почвах не оказывает положительного влияния на урожайность. Внесение доломитовой муки (5 т/га  $CaCO_3$ ) под бобово-злаковые травосмеси на торфяной почве с исходным  $pH_{KCl}$  – 4,8 приводит к росту продуктивности на 36,9 ц/га зеленой массы. От применения дополнительной дозы 5 т/га  $CaCO_3$  прибавка наполовину меньше. Это говорит о *целесообразности поддерживающего известкования небольшой дозой 5 т  $CaCO_3$  на гектар торфяной почвы со слабокислой реакцией*.

Достижение оптимальных параметров реакции почвенной среды осуществляется известкованием дифференцированными дозами доломитовой муки, которые рассчитываются с учетом величины обменной кислотности и плотности загрязнения торфяных почв радионуклидами согласно «Инструкции о порядке планирования потребности в материально-технических ресурсах и финансировании для осуществления защитных мероприятий в сельскохозяйственном производстве на территориях радиоактивного загрязнения» (ГН НР 8/19702 от 27 октября 2008 г.).

Рекомендуемые дозы известковых удобрений, которые нужно вносить при залужении луговых земель, расположенных на торфяных почвах, представлены в таблице 8.

Таблица 8 – Рекомендуемые дозы известковых удобрений (т/га  $CaCO_3$ ) при улучшении луговых земель на торфяных почвах

$pH_{KCl}$	Доза $CaCO_3$ т/га	
	$^{137}Cs$ 1,0–4,9 Ки/км <sup>2</sup> $^{90}Sr$ 0,15–0,29 Ки/км <sup>2</sup>	$^{137}Cs$ 5,0–40,0 Ки/км <sup>2</sup> $^{90}Sr$ 0,30–3,0 Ки/км <sup>2</sup>
≤4,0	19,0	19,0
4,01-4,25	13,0	13,0
4,26-4,50	10,0	10,0
4,51-4,75	7,5	7,5
4,76-5,00	5,0	5,0

### 3.2 Азотные удобрения

Торфяные почвы богаты азотом. Это дает основание считать, что они не нуждаются в азотных удобрениях. Однако, как показывает научный и практический опыт, такое положение не всегда справедливо. В ряде хозяйств используются значительные площади торфяных почв с малой мощностью торфа, нередко – выработанные торфяники. Поэтому на старопашотных торфяниках с высокой степенью разложения органического вещества под злаковые и бобово-злаковые травы вносятся азотные удобрения. Внесение азотных удобрений под многолетние травы необходимо, потому что влияние запасов азота почвы на формирование урожая трав незначительно. Дозы и сроки внесения под многолетние травы азотных удобрений зависят от ботанического состава травостоя и обеспеченности торфяных почв азотом. Азотные удобрения вносят дробно, под каждый укос. Первый раз, чтобы избежать вымывания, их вносят весной в начале отрастания травостоя. Под второй укос дозы азота на 30-40% ниже, чем под первый [8].

При недостатке азота в почве снижается урожайность травостоя, а с другой стороны, применение высоких доз азотных удобрений усиливает накопление не только радионуклидов, но и нитратов в многолетних травах.

При освоении торфяных почв в год залужения реакция травостоя на азотное питание зависит от степени разложения торфа, ботанического состава образовавшихся его растений, водно-воздушного режима и агротехнических мероприятий. На почвах с малой мощностью торфа, выработанных торфяниках и слаборазложившихся моховых торфяных почвах, расте-

ния хорошо отзываются на внесение 30-60 кг д.в. на га азотных удобрений. На торфяниках тростникового, осоково-тростникового и осокового происхождения азотные удобрения в период освоения (два года) и в год залужения, как правило, не вносят (таблица 9).

Таблица 9 – Рекомендуемые дозы азотных удобрений (кг/га д.в.) при улучшении луговых земель на торфяных почвах

Возраст травостоя	Планируемая продуктивность, ц/га к.ед.			
	50	60	70	80
1–2-й год пользования	-	30	45	60
3–8-й год пользования	30	60	90	120

При возделывании на торфяной почве бобово-злаковой травосмеси с удельным весом бобовых трав 30–40% наиболее эффективной является доза азота 30 кг/га д.в., начиная со второго года жизни, и чем старше травы, тем больше доза азота. 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 с 1 га 50–70 ц сена при стандартной 16%-ной влажности.

В настоящее время считается целесообразным на сенокосах и пастбищах на торфяных почвах, загрязненных  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$ , применять азотные удобрения в составе полного минерального удобрения со значительным преобладанием калия.

Предусмотрено также ограничение максимально допустимых доз азотных удобрений. Так, при сенокосном использовании низинных лугов доза азотных удобрений под каждый укос не должна превышать 90 кг д.в. на га, а при пастбищном – не более 60 кг д.в. на га после каждого стравливания травостоя во избежание избыточного накопления нитратов и радионуклидов в корме.

Оптимизации азотного питания растений способствует применение новых медленнодействующих удобрений – карбамида и сульфата аммония с добавками гуматов и других биологически активных компонентов. Их использование позволяет повысить на 20–40% окупаемость удобрений прибавкой урожая при одновременном уменьшении содержания радионуклидов на 15-30% и снижении накопления нитратов в кормах.

Таблица 10 – Рекомендуемые дозы минеральных удобрений для ежегодного внесения на луговых землях на торфяных почвах, загрязненных радионуклидами (урожайность 60 ц к.ед.)

Тип травостоя	Минеральные удобрения, кг/га д.в.					
	$\text{N}$		$\text{P}_2\text{O}_5$		$\text{K}_2\text{O}$	
	$^{137}\text{Cs} < 370 \text{ кБк/м}^2$ ( $< 10 \text{ Ки/км}^2$ ) $^{90}\text{Sr} < 18,5 \text{ кБк/м}^2$ ( $< 0,50 \text{ Ки/км}^2$ )			$^{137}\text{Cs} > 370 \text{ кБк/м}^2$ ( $> 10 \text{ Ки/км}^2$ ) $^{90}\text{Sr} > 18,5 \text{ кБк/м}^2$ ( $> 0,50 \text{ Ки/км}^2$ )		
<b>Сенокосы</b>						
Естественный злаково-разнотравный	30-60	30-40	90-120	60-90	40-50	120-150
Сеяный злаковый	60-90	30-45	120-150	60-90	50-60	120-180
Сеяный бобово-злаковый	20-30	45-60	90-120	20-30	50-70	120-150
<b>Пастбища</b>						
Естественный злаково-разнотравный	90-120	30-45	60-90	-	-	-
Сеяный злаковый	120-150	50-60	120-150	60-90	50-60	90-120
Сеяный бобово-злаковый	20-30	50-60	90-120	-	-	-

### 3.3 Фосфорные удобрения

Фосфор играет важную роль в жизни растений, поскольку он выполняет функцию регулятора энергетического баланса и влияет на синтез белка и процессы обмена веществ. Большая часть фосфора находится в торфяной почве в связанной форме и является слабодоступной для растений, поэтому внесение фосфорных удобрений является обязательным для всех торфяных почв.

Обязательным приемом, обеспечивающим увеличение урожайности, улучшение качества сена и снижение перехода радионуклидов должно быть применение научно обоснованных доз фосфорных удобрений. В среднем 1 кг фосфорных удобрений окупается 30-40 кг сена многолетних

трав. Установлено снижение поступления радионуклидов из почвы в растения при внесении *фосфорных удобрений*, особенно на торфяных почвах с низким содержанием подвижных форм фосфора (<200 мг/кг почвы). По данным РУП «Институт почвоведения и агрохимии», оптимальное соотношение между фосфором и калием под многолетние травы на торфяных почвах 1:2.

При залужении сенокосов и пастбищ, в зависимости от степени загрязнения радионуклидами, необходимо в среднем вносить по 30-60 кг д.в. на каждый гектар фосфорных удобрений (таблица 11).

Таблица 11 – Дозы фосфорных удобрений, рекомендуемые при улучшении загрязненных <sup>137</sup>Cs и <sup>90</sup>Sr луговых земель на торфяных почвах

Содержание в почве подвижного P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> мг/кг	Нормативы потребности P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (кг/га д.в.) при плотности загрязнения, Ки/км <sup>2</sup>		
	<sup>137</sup> Cs 1,0–4,9	<sup>137</sup> Cs 5,0–14,9	<sup>37</sup> Cs 15,0–40,0
	<sup>90</sup> Sr 0,15–0,29	<sup>90</sup> Sr 0,30–0,99	<sup>90</sup> Sr 1,0–3,0
200 и менее	50	85	100
201–300	40	60	70
301–500	30	45	50
501–800	15	25	30
Более 800	–	–	–

Применение более высоких доз фосфорных удобрений нерентабельно в связи с низкой прибавкой урожая, которая не окупает затраты на приобретение удобрений.

### 3.4 Калийные удобрения

Интенсивное использование травостоев на торфяных почвах обуславливает высокий уровень потребления калия (до 300 кг/га д.в. в год). Торфяные почвы примерно в 4-5 раз содержат калия меньше, чем минеральные. В отличие от кальция калий слабо поглощается почвой (15–17% внесенного калия удобрений), и поэтому практически все виды торфяников остро нуждаются в нем. В первые 2–3 года после освоения торфяника запасов элемента еще хватает для возделываемых сельскохозяйственных культур, в дальнейшем потребность в нем резко возрастает, и калийные удобрения необходимо вносить ежегодно. Особенно низкое содержание калия отмечается в мелкозалежных торфяных почвах. Недостаток калия приводит к блокированию синтеза бел-

ков, что ведет к снижению качества продукции. Обеспеченность торфяных почв калием зависит в основном от содержания его в растениях-торфообразователях [9–10]. Как правило, потребность растений в калии на торфяных почвах удовлетворяется целиком за счет внесения калийных удобрений.

При возделывании многолетних трав на торфяных почвах в отличие от минеральных не происходит пополнения запасов подвижного калия за счет необильного поглощенного. При отрицательном балансе достоверно снижается содержание в почве всех форм соединений калия [11].

Дозу калийных удобрений вносят в два приема, так как этот элемент из удобрений лучше используется, чем из почвы, и меньше накапливается в растениях [12]. Как правило, первое внесение на сенокосах производят весной, второе – после проведения укосов или стравливания скотом.

Под злаковые и бобово-злаковые травы первого-третьего года пользования и при залужении сенокосов и пастбищ калийные удобрения вносятся по балансовым расчетам, позже – с учетом выноса урожаем и обеспеченности почвы подвижным калием (таблица 12).

Таблица 12 – Дозы калийных удобрений, рекомендуемые при улучшении загрязненных <sup>137</sup>Cs и <sup>90</sup>Sr луговых земель на торфяных почвах

Содержание в почве подвижного K <sub>2</sub> O мг/кг	Нормативы потребности K <sub>2</sub> O (кг/га д.в.) при плотности загрязнения, Ки/км <sup>2</sup>		
	<sup>137</sup> Cs 1,0–4,9	<sup>137</sup> Cs 5,0–14,9	<sup>37</sup> Cs 15,0–40,0
	<sup>90</sup> Sr 0,15–0,29	<sup>90</sup> Sr 0,30–0,99	<sup>90</sup> Sr 1,0–3,0
200 и менее	140	180	220
201–400	120	160	200
401–600	80	100	140
601–1000	60	70	90
Более 1000	–	–	–

Содержание калия в травах обычно находится в пределах 1–4%. Животные редко страдают от недостатка калия в травах. Вместе с тем содержание калия в корме выше 3% вредно для здоровья животных, т. к. при этом имеет место несбалансированность одновалентных и двухвалентных катионов. При увеличении соотношения калия к сумме двухвалентных катионов свыше 2,2–2,4 частота заболеваний у скота резко возрастает. Поэтому для определения оптимальной дозы внесения калийных удобрений необходим анализ химического состава растений.

### 3.5 Микроудобрения

Использование азотных, фосфорных и калийных удобрений может приводить к переходу микроэлементов в разряд дефицитных [13-15]. При научно обоснованном внесении микроудобрений с учетом содержания их подвижных форм в торфяных почвах и отзывчивости злаковых и бобовых трав прибавка урожая достигает 15–20%, улучшается качество кормов, продлеваются сроки их хранения.

В торфяных почвах мало меди, что связано с низкой зольностью этих почв и прочной связью меди с гумусом торфа. Внесение медных удобрений в дозе 200 г/га в виде некорневой подкормки на фоне N30P60K120 может обеспечить прибавку урожая сена злаковой травосмеси около 5,0 ц/га.

В условиях дефицита микроэлементов наиболее рациональными и экономически оправданными способами внесения микроэлементов являются предпосевная обработка семян и некорневая подкормка растений в период вегетации, некорневая подкормка злаковых трав на торфяных почвах медью, цинком и марганцем в дозах 50 г/га обеспечивает снижение накопления  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в кормах на 30–40%, повышает урожайность до 25%, повышает содержание этих микроэлементов в сене до 20–30%. Подкормку можно проводить как в виде самостоятельного технологического приема, так и совместно с макроудобрениями, средствами защиты и регуляторами роста растений (таблица 13).

Таблица 13 – Технология применения микроэлементов под многолетние травы на торфяных почвах

Сроки и способы применения	Микроэлемент	Доза, д.в.	Микроудобрения	Доза, ф. вес	Примечания
<b>Производство травяных кормов</b>					
Предпосевная обработка семян	Кобальт Молибден	50 г/т семян 50 г/т семян	Сульфат кобальта Молибдат аммония	250 г/т семян 100 г/т семян	Можно совмещать с протравителями и бактериальными препаратами

Сроки и способы применения	Микроэлемент	Доза, д.в.	Микроудобрения	Доза, ф. вес	Примечания
Некорневая подкормка в фазе стеблевания	Медь Марганец Цинк Бор	50 г/га 50 г/га 100 г/га 50 г/га	Сульфат меди Сульфат марганца Сульфат цинка Борная кислота	200 г/га 220 г/га 450 г/га 300 г/га	Фаза – начало выхода в трубку

### 4. ПРОГНОЗ ЗАГРЯЗНЕНИЯ УРОЖАЯ ЗЛАКОВЫХ И БОБОВО-ЗЛАКОВЫХ ТРАВСТОЕВ РАДИОНУКЛИДАМИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ОСНОВНЫХ АГРОХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЧВ

Прогноз загрязнения кормов на основе многолетних и бобово-злаковых травосмесей позволяет заблаговременно планировать набор культур для возделывания на загрязненных радионуклидами угодьях, размещение по полям севооборотов и отдельным участкам с учетом плотности загрязнения почв и различное использование кормов (при производстве молока цельного, молока-сырья, заключительного откорма крупного рогатого скота и др.). По результатам прогноза осуществляется отдельный выпас дойных коров, откормочного молодняка, а также заготовка кормов в зависимости от плотности загрязнения почв и назначения продукции.

Прогнозирование удельной активности  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в кормах на основе многолетних и бобово-злаковых трав, а также определение возможностей их хозяйственного использования осуществляется на основании:

- результатов почвенного, агрохимического и радиологического обследования сельскохозяйственных земель хозяйства, представленных в агрохимических паспортах хозяйств и на картограммах областных проектно-изыскательских станций химизации;
- коэффициентов перехода (пропорциональности)  $^{137}\text{Cs}$  ( $^{90}\text{Sr}$ ) для разных видов кормов;
- вида кормов (зеленая масса, сено, сенаж, силос);

- плотности загрязнения элементарного участка  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$ ;
- содержания подвижных форм калия (для  $^{137}\text{Cs}$ );
- реакции почвенной среды  $\text{pH}_{\text{KCl}}$  (для  $^{90}\text{Sr}$ );
- ботанического состава, мощности и степени минерализации торфяного слоя;

• РДУ в сельскохозяйственном сырье и кормах (приложение Д).

Расчет уровня загрязнения зеленой массы (сена, сенажа, силоса) производится по формуле;

$$UA = 37 \times Kп \times П,$$

где  $UA$  – удельная активность радионуклида в зеленой массе (в сене и др.), Бк/кг;

$Kп$  – коэффициент перехода радионуклида для зеленой массы (сена и др.), (Бк/кг:кБк/м<sup>2</sup>) при определенном содержании в почве подвижного калия или реакции почвенной среды;

$П$  – плотность загрязнения почвы, Ки/км<sup>2</sup>;

37 – коэффициент пересчета плотности загрязнения Ки/км<sup>2</sup> в кБк/м<sup>2</sup>.

Для применения коэффициента перехода радионуклида для сена при прогнозировании загрязнения других видов кормов необходимо значения  $Kп$  радионуклида для сена разделить на поправочный коэффициент: для сенажа (влажность 55%) – 1,87, силоса (влажность 75%) – 3,36, зеленой массы (82%) – 4,67.

Таблица 14 – Коэффициенты перехода ( $Kп = \text{Бк/кг:кБк/м}^2$ )  $^{137}\text{Cs}$  для урожая злаковых и бобово-злаковых травосмесей в зависимости от обеспеченности подвижным калием торфяных почв

Тип травостоя	Содержание подвижного калия, мг/кг почвы			
	<200	201–400	401–600	601–1000
<b>Сено (влажность 16%)</b>				
Естественный злаково-разнотравный	10,2	7,3	4,8	2,5
Сеяный злаковый	7,6	3,9	2,6	1,8
Сеяный бобово-злаковый	2,7	1,9	1,3	-
<b>Сенаж (влажность 55%)</b>				
Естественный злаково-разнотравный	5,5	3,9	2,6	1,3
Сеяный злаковый	4,1	2,1	1,4	1,0

Тип травостоя	Содержание подвижного калия, мг/кг почвы			
	<200	201–400	401–600	601–1000
Сеяный бобово-злаковый	1,4	1,0	0,7	-
<b>Силос (влажность 75%)</b>				
Естественный злаково-разнотравный	3,0	2,2	1,4	0,7
Сеяный злаковый	2,3	1,7	0,8	0,5
Сеяный бобово-злаковый	0,8	0,7	0,4	-
<b>Зеленая масса (влажность 82%)</b>				
Естественный злаково-разнотравный	2,2	1,6	1,0	0,5
Сеяный злаковый	1,6	0,8	0,6	0,4
Сеяный бобово-злаковый	0,6	0,4	0,3	-

Аналогичным образом производятся расчеты для прогноза содержания  $^{90}\text{Sr}$ , при этом учитывается степень кислотности почвы (таблица 15).

Таблица 15 – Коэффициенты перехода ( $Kп = \text{Бк/кг:кБк/м}^2$ )  $^{90}\text{Sr}$  для урожая злаковых и бобово-злаковых травосмесей в зависимости от величины обменной кислотности торфяных почв

Тип травостоя	$\text{pH}_{\text{KCl}}$		
	4,5–5,0	5,01–5,50	5,51–6,00
<b>Сено (влажность 16%)</b>			
Естественный злаково-разнотравный	5,2	3,8	2,6
Сеяный злаковый	3,7	2,4	1,9
Сеяный бобово-злаковый	6,8	5,5	3,2
<b>Сенаж (влажность 55%)</b>			
Естественный злаково-разнотравный	2,8	2,0	1,4
Сеяный злаковый	2,0	1,3	1,0
Сеяный бобово-злаковый	3,7	2,9	1,7
<b>Силос (влажность 75%)</b>			
Естественный злаково-разнотравный	1,5	1,1	0,8
Сеяный злаковый	1,1	0,7	0,6
Сеяный бобово-злаковый	2,0	1,6	1,0
<b>Зеленая масса (влажность 82%)</b>			
Естественный злаково-разнотравный	1,1	0,8	0,6

Тип травостоя	pH <sub>KCl</sub>		
	4,5–5,0	5,01–5,50	5,51–6,00
Сеяный злаковый	0,8	0,5	0,4
Сеяный бобово-злаковый	1,5	1,2	0,7

### Примеры расчета

1. Определить удельную активность  $^{137}\text{Cs}$  в сене бобово-злаковой травосмеси  $^{137}\text{Cs}$  на торфяной почве с плотностью загрязнения  $^{137}\text{Cs}$  5 Ки/км<sup>2</sup> и содержанием подвижного калия 300 мг/кг почвы.

В таблице 14 находим значения коэффициента перехода  $^{137}\text{Cs}$  для бобово-злаковых трав при обеспеченности почвы подвижным калием 300 мг/кг – 1,9. Прогнозируемая удельная активность  $^{137}\text{Cs}$  в сене при 5 Ки/км<sup>2</sup> составит  $37 \times 1,9 \times 5 = 352$  Бк/кг. При допустимых уровнях (Республиканских допустимых уровней содержания цезия-137 и стронция-90 в сельскохозяйственном сырье и кормах, приложение Д) в сене 1300 Бк/кг для цельного молока и для заключительного откорма крупного рогатого скота и 1850 Бк/кг для молока-сырья полученное сено можно использовать на корм скоту для получения всех видов продукции.

2. Определить удельную активность  $^{90}\text{Sr}$  в зеленой массе злаковых трав на торфяной почве с плотностью загрязнения  $^{90}\text{Sr}$  0,40 Ки/км<sup>2</sup> и при pH<sub>KCl</sub> 5,4 почвы.

В таблице 15 находим значения Кп  $^{90}\text{Sr}$  для зеленой массы злаковых трав при реакции почвы pH<sub>KCl</sub> 5,4–0,5. Удельная активность  $^{90}\text{Sr}$  в зеленой массе при 0,40 Ки/км<sup>2</sup> составит  $37 \times 0,5 \times 0,40 = 7,4$  Бк/кг. При допустимых уровнях 37 Бк/кг для цельного молока и 185 Бк/кг для молока-сырья зеленую массу злаковых трав можно использовать без ограничений.

## 5. ОГРАНИЧЕНИЯ ПО ПЛОТНОСТИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ТОРФЯНЫХ ПОЧВ $^{137}\text{Cs}$ И $^{90}\text{Sr}$ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ЗЛАКОВЫХ И БОБОВО-ЗЛАКОВЫХ ТРАВосмесей для производства нормативно чистой животноводческой продукции

Проблема получения растениеводческой продукции, соответствующей допустимым уровням по содержанию  $^{137}\text{Cs}$ , на торфяных почвах актуальна до настоящего времени. Основная доля растениеводческой продукции, не отвечающей требованиям Республиканских допустимых уровней содержания цезия-137 и стронция-90 в сельскохозяйственном сырье и кормах (РДУ), производится именно на почвах данного типа.

Предельно допустимые уровни (ПДУ) плотности загрязнения почвы радионуклидом Ки/км<sup>2</sup> (кБк/м<sup>2</sup>), при которой его содержание в урожае будет соответствовать требованиям нормативного документа (приложение Д), определяется путем деления допустимой величины загрязнения продукции на величину Кп при соответствующем уровне плодородия почв.

### Пример расчета

Определить предельно допустимый уровень плотности загрязнения торфяной почвы  $^{137}\text{Cs}$  (обеспеченность почвы подвижным калием 250 мг/кг), при котором содержание радионуклида в сене злаковых трав не будет превышать допустимые нормы для производства молока цельного.

В таблице 14 находим значение Кп  $^{137}\text{Cs}$  для сена злаковых трав при содержании калия в почве 250 мг/кг – 2,9. Допустимое содержание  $^{137}\text{Cs}$  в сене для производства цельного молока составляет 1300 Бк/кг (приложение Д). Предельно допустимый уровень плотности загрязнения почвы составит  $1300 / 2,9 / 37 = 12$  Ки/км<sup>2</sup>.

При рекомендуемой дозе минеральных удобрений N60P90K180+Cu для производства молока цельного, соответствующего требованиям РДУ по  $^{137}\text{Cs}$ , может быть использовано сено и зеленая масса злаковых трав, полученные при плотности загрязнения торфяной почвы  $^{137}\text{Cs}$  до 16,7 и 9,9 Ки/км<sup>2</sup> соответственно.

Предельные уровни плотности загрязнения торфяных почв  $^{137}\text{Cs}$  для возделывания многолетних злаковых и бобово-злаковых трав представлены в таблице 16. Для получения молока цельного выращивание бобово-злаковых травосмесей имеет ограничения по плотности загрязнения торфяной почвы  $^{137}\text{Cs}$  при оптимальных дозах минеральных удобрений:

- на сено – 18,8 Ки/км<sup>2</sup>,
- на зеленую массу – 11,1 Ки/км<sup>2</sup>.

Таблица 16 – Ограничения плотности загрязнения торфяных почв  $^{137}\text{Cs}$  при возделывании многолетних трав для производства молока цельного согласно требованиям РДУ-99

Доза удобрений	Плотность загрязнения почвы $^{137}\text{Cs}$ , Ки/км <sup>2</sup>	
	Сено 1300 Бк/кг	Зеленая масса 165 Бк/кг
<b>Многолетние злаковые травы</b>		
Без удобрений	1,6	1,0
N30P60K120+Cu <sub>200</sub>	10,3	6,1

Доза удобрений	Плотность загрязнения почвы <sup>137</sup> Cs, Ки/км <sup>2</sup>	
	Сено 1300 Бк/кг	Зеленая масса 165 Бк/кг
N60P90K180+Cu <sub>200</sub>	16,7	9,9
N60P90K240+Cu <sub>200</sub>	22,0	13,1
<b>Многолетние злаково-бобовые травы</b>		
Без удобрений	10,2	6,0
CaCO <sub>3</sub> (5 т/га)–фон	12,1	7,2
N30P50K120+CaCO <sub>3</sub> (5 т/га)	18,8	11,1
N30P50K200+CaCO <sub>3</sub> (5 т/га)	26,9	15,9

Таблица 17 – Ограничения плотности загрязнения торфяных почв <sup>90</sup>Sr при возделывании многолетних трав для производства молока цельного согласно РДУ

Доза удобрений	Плотность загрязнения почвы <sup>90</sup> Sr, Ки/км <sup>2</sup>	
	Сено 260 Бк/кг	Зеленая масса 37 Бк/кг
<b>Многолетние злаковые травы</b>		
Без удобрений	2,1	1,4
N30P60K120+Cu <sub>200</sub>	2,8	1,9
N60P90K180+Cu <sub>200</sub>	3,5	2,3
N60P90K240+Cu <sub>200</sub>	3,9	2,6
<b>Многолетние злаково-бобовые травы</b>		
Без удобрений	1,0	0,7
CaCO <sub>3</sub> (5 т/га)–фон	1,1	0,8
N30P50K120+CaCO <sub>3</sub> (5 т/га)	1,5	1,0
N30P50K200+CaCO <sub>3</sub> (5 т/га)	1,7	1,1

Возделывание злаковых трав на сено на торфяных почвах для получения молока цельного, соответствующего РДУ по <sup>90</sup>Sr, возможно без ограничений при плотности загрязнения <sup>90</sup>Sr более 3,0 Ки/км<sup>2</sup>. Плотность загрязнения почв <sup>90</sup>Sr при производстве зеленой массы злаковых трав на цельное молоко не должна превышать 2,3 Ки/км<sup>2</sup>. При производстве зеленой массы бобово-злаковых травосмесей на цельное молоко плотность загрязнения почвы не должна быть не более 1,1 Ки/км<sup>2</sup>.

При превышении допустимых уровней содержания радионуклидов в кормах для КРС, дающего цельное молоко, возможно использование их для получения молока-сырья на переработку.

Без ограничений по плотности загрязнения торфяных почв радионуклидами на их можно возделывать многолетние травы для производства семенного материала.

Для гарантии надежности прогнозов в связи с различиями погодных условий по годам количественные параметры предлагаемых критериев составляют 50% ПДУ.

Таблица 18 – Ограничения плотности загрязнения торфяной почвы <sup>137</sup>Cs и <sup>90</sup>Sr при возделывании многолетней бобово-злаковой травосмеси для производства молока цельного согласно РДУ при разной обеспеченности подвижным К<sub>2</sub>O и уровне рН<sub>KCl</sub>

Вид корма	Плотность загрязнения почвы <sup>137</sup> Cs, кБк/м <sup>2</sup> (Ки/км <sup>2</sup> ) при содержании К <sub>2</sub> O, мг/кг			Плотность загрязнения почвы <sup>90</sup> Sr, кБк/м <sup>2</sup> (Ки/км <sup>2</sup> ) при рН <sub>KCl</sub>		
	<200	201–400	401–600	4,51–5,00	5,01–5,50	5,51–6,00
	Зел. масса	289 (7,8)	412 (11,1)	611 (16,5)	25 (0,68)	31 (0,85)
Сено	486 (13,2)	702 (19,0)	1023 (27,7)	38 (1,03)	47 (1,28)	80 (2,18)

Диапазон возможного использования бобово-злаковой травосмеси на зеленую массу расширяется при повышении обеспеченности подвижным К<sub>2</sub>O до 600 мг/кг почвы до 16,5 Ки/км<sup>2</sup>, на сено – до 27,7 Ки/км<sup>2</sup> по <sup>137</sup>Cs; на зеленый корм по <sup>90</sup>Sr увеличивается до 1,45 Ки/км<sup>2</sup> при рН<sub>KCl</sub> 5,51–6,00, а на сено – до 2,18 Ки/км<sup>2</sup>.

## 6. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ВНЕСЕНИЯ УДОБРЕНИЙ ПОД ЗЛАКОВЫЕ И БОБОВО-ЗЛАКОВЫЕ ТРАВОСМЕСИ НА ТОРФЯНЫХ ПОЧВАХ, ЗАГРЯЗНЕННЫХ <sup>137</sup>Cs И <sup>90</sup>Sr

Оценка эффективности удобрений в условиях производства является основой для планирования урожайности сельскохозяйственных культур, мероприятий по повышению плодородия почв, определения потребности в удобрениях, рационального их распределения.

Она служит также одним из важных критериев оценки хозяйственной деятельности сельскохозяйственных предприятий.

В настоящее время факторы, наиболее ограничивающие урожай в условиях республики, – это уровень плодородия почв, удобрения и средства защиты растений. Поэтому для определения возможного уровня урожая очень важно количественно оценить потенциальный уровень плодородия и ожидаемую прибавку урожая от имеющихся ресурсов удобрений.

Основными показателями, характеризующими экономическую эффективность проводимых защитных мероприятий на кормовых угодьях, является выход дополнительной продукции с 1 га (прибавка урожайности ц/га), окупаемость применения удобрений дополнительной продукцией, стоимость дополнительной продукции, условный чистый доход от проводимых мероприятий, условный уровень рентабельности (окупаемость) дополнительных затрат.

Выбор того или иного способа улучшения сенокосов должен определяться минимальными экономическими затратами и основываться на эффективности уменьшения потоков радионуклидов, поступающих к человеку и образующих дозу внутреннего облучения.

Объективно оценить лучший вариант применения удобрений можно только с помощью экономического анализа. Расчет экономической эффективности производства зеленой массы многолетних трав осуществлялся исходя из стоимости 1 кормовой единицы и фактического содержания кормовых единиц в продукции.

При расчете показателей экономической эффективности использовали нормативы 2010 года: стоимость 1 т  $K_2O$  – 295,0 и внесение 147,5 тыс. руб.;  $P_2O_5$  – 2563,6 и 206,5 тыс. руб.; N–1799,5 и 236,0 тыс. руб.; стоимость затрат на уборку, доработку и реализацию 1 тонны прибавки урожая, полученной за счет применения удобрений, 67,9 тыс. руб.

Показатели экономической эффективности оптимальных по урожайности соотношений доз минеральных удобрений для многолетних злаковых и бобово-злаковых травосмесей представлены в таблицах 19 и 20.

При совместном внесении дополнительных доз азота (30 кг/га д.в.), фосфора (30 кг/га д.в.) и калия (60 и 90 кг/га д.в.) на фоне  $N_{30}P_{60}K_{120}+Cu_{200}$  прибавка урожая сена увеличивается на 22–28 ц/га, что способствует повышению прибыли на 6,6–33,3 тыс. руб. Поэтому наиболее оптимальными дозами минеральных удобрений будут  $N_{60}P_{90}K_{180}$  и  $N_{60}P_{90}K_{240}$  без поддерживающего известкования с внесением меди в дозе 200 г/га, что обеспечивает рентабельность на уровне 22–25% и величину чистого дохода 138,9–165,6 тыс. руб. на 1 га.

Таблица 19 – Экономическая эффективность применения системы минеральных удобрений при возделывании многолетних злаковых трав на торфяной почве (в среднем за 2008 – 2010 гг. исследований) в ценах на 01.06.2010 г.

Дозы удобрений	Урожайность сена, ц/га	Прибавка урожая, ц/га	Окупаемость 1 кг NPK, к. ед.	Стоимость прибавки урожая, тыс. руб.	Затраты тыс. руб. на 1 га	Прибыль, тыс. руб. на 1 га	Рентабельность, %
Без удобрений	37,4	-	-	-	-	-	-
$N_{30}P_{60}K_{120}+Cu_{200}$	90,7	53,3	15,5	543,6	411,3	132,3	32
$N_{60}P_{90}K_{180}+Cu_{200}$	112,3	74,9	14,7	764,1	625,2	138,9	22
$N_{60}P_{90}K_{240}+Cu_{200}$	118,5	81,1	12,2	827,1	661,5	165,6	25

Таблица 20 – Экономическая эффективность применения минеральных удобрений при возделывании бобово-злаковой травосмеси на торфяной почве (среднее за 2009 – 2010 гг.) в ценах на 06.2010 г.

Дозы удобрений	Урожайность з/м, ц/га	Прибавка урожая, ц/га	Окупаемость 1 кг NPK, к. ед.	Стоимость прибавки урожая, тыс. руб.	Затраты тыс. руб. на 1 га	Прибыль, тыс. руб. на 1 га	Рентабельность, %
$CaCO_3$ (5 т/га)–фон	328,8	-	-	-	-	-	-
$N_{30}P_{50}K_{120} + CaCO_3$ (5 т/га)	452,5	123,7	13,0	475,1	432,6	42,5	9,8
$N_{30}P_{50}K_{200} + CaCO_3$ (5 т/га)	499,3	170,5	12,8	654,9	536,3	118,6	22,1
$N_{60}P_{90}K_{280} + CaCO_3$ (5 т/га)	571,7	242,9	11,9	933,0	847,7	85,3	10,1

Производство зеленой массы бобово-злаковой травосмеси экономически более выгодное при применении оптимальной дозы  $N_{30}P_{50}K_{200}$ , которая обеспечивает возрастание чистого дохода по сравнению с дозами  $N_{30}P_{50}K_{120}$  и  $N_{60}P_{90}K_{280}$  на 76,1 и 33,3 тыс. руб. Рентабельность производства зеленого корма при внесении  $N_{30}P_{50}K_{200}$  под бобово-злаковую травосмесь на торфяной почве составляет 22,1%.



## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Настоящие рекомендации могут служить основой для внедрения в практику возделывания злаковых и бобово-злаковых травосмесей на загрязненных радионуклидами торфяных почвах с целью получения высокого урожая кормов (500-600 ц/га зеленой массы) с допустимыми уровнями содержания  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$ .

Рекомендуется на загрязненных радионуклидами торфяных почвах вносить:

- при оптимальном уровне обеспеченности подвижным фосфором (300–500 мг/кг) фосфорных удобрений в дозе 50 – 60 кг/га д.в. под бобово-злаковые травосмеси и 60 – 90 кг/га под злаковые травосмеси;
- при оптимальных показателях обеспеченности подвижным калием (600-1000 мг/кг) калийные удобрения в дозе 180–200 кг/га д.в.;
- азотные удобрения: в дозе 30 кг/га д.в. под бобово-злаковые травосмеси и 60 кг/га д.в. – под злаковые травосмеси;
- характеризующейся слабокислой реакцией почвенной среды ( $\text{pH}_{\text{KCl}} - 5,1-5,50$ ) проводить поддерживающее известкование в дозе 5 т/га д.в.  $\text{CaCO}_3$ ;
- микроудобрения: Cu в дозе 50 г/га д.в. под злаковые травосмеси (в фазу выхода в трубку) и – Cu, Zn, B и Mn в дозах 50 г/га д.в. под бобово-злаковые травосмеси (в фазу начало цветения) в виде некорневой подкормки, что обеспечивает снижение накопления  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в кормах на 30–40%.

Внесение удобрений в оптимальных сбалансированных дозах ( **$\text{N60P90K180+Cu}$  под многолетние злаковые травосмеси;  $\text{N30P50K200+Cu}$  под бобово-злаковые травосмеси**) позволяет снизить поступление  $^{137}\text{Cs}$  в 1,8-2,6 раза, а  $^{90}\text{Sr}$  – в 1,3-1,6 раза соответственно, что обеспечивает рентабельность на уровне 22-25% и величину чистого дохода 138,9-165,6 тыс. руб. на 1 га.

Для прогноза содержания радионуклидов в урожае злаковых и бобово-злаковых травосмесей на торфяных почвах в рекомендациях приведены коэффициенты перехода (Кп), дифференцированные по обеспеченности торфяных почв калием (для  $^{137}\text{Cs}$ ) и реакции почвенной среды (для  $^{90}\text{Sr}$ ).

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Кадыров, М.А. Стратегия экономически целесообразной адаптивной интенсификации земледелия Беларуси / М.А. Кадыров. – Минск, 2004. – 64 с.
2. Рекомендации по ведению агропромышленного производства в условиях радиоактивного загрязнения земель Республики Беларусь / Под ред. И.М. Богдевича. – Мн., 2003. – С. 42 – 43.
3. Формы нахождения в почвах и динамика накопления Cs-137 в сельскохозяйственных культурах после аварии на Чернобыльской АЭС / Н.И. Санжарова [и др.] // Почвоведение. – 1997. – № 2. – С. 159 – 164.
4. Мееровский А.С. Оптимизация травостоев сенокосов и пастбищ / А.С. Мееровский, А.Л. Бирюкович. – Мн.: Бел. наука, 2009. – 231 с.
5. Шкель, М.П. Применение удобрений в интенсивном земледелии: Справ. пособие / М.П. Шкель [и др.]. – Мн.: Ураджай, 1989. – 216 с.
6. Показатели безопасности кормов: ветеринарно-санитарный норматив. – Утв. Минсельхозпродом Респ. Беларусь. Постановление № 50 от 06.09.2005 г.
7. Инструкция о порядке планирования потребности в материально-технических ресурсах и финансировании для осуществления защитных мероприятий и сельскохозяйственном производстве на территориях радиоактивного загрязнения. – Утв. Министерством по чрезвычайным ситуациям Респ. Беларусь. Постановление № 86 от 06.08.2008 г.
8. Шелютто, А.А. Кормопроизводство: учебник для студентов высших учебных заведений по агрономическим специальностям / А.А. Шелютто [и др.]. – Мн.: ИВЦ Минфина, 2009. – С. 270-277.
9. Минеев, В.Г. Значение отдельных химических элементов в питании растений: учебник / В.Г. Минеев // Агрехимия. – М.: «Колос», 2004. – С. 192 – 223.
10. Лапа, В.В. Элементы питания и их роль в формировании урожайности сельскохозяйственных культур / В.В. Лапа [и др.] // Справочник агрохимика: справ. изд. / В.В. Лапа [и др.]. – Мн.: Бел. наука, 2007. – С. 109 – 117.
11. Серая, Т.М. Особенности калийного питания многолетних трав на торфяных почвах: дис. ... канд. с.-х. наук: 06.01.04 / Т.М. Серая. – Мн., 1991. – 231 с.
12. Подоляк, А.Г. Травосмеси на основе клевера в зоне радиоактивного загрязнения / А.Г. Подоляк, Т.В. Арастович // Бел. сельское хозяйство. – 2005. – № 6 (38). – С. 36 – 38.
13. Применение некорневых подкормок сельскохозяйственных культур микроудобрениями на загрязненных радионуклидами почвах: Реко-

мендации / РУП «Институт почвоведения и агрохимии НАН Беларуси». – Мн., 2004. – 19 с.

14. Система применения микроудобрений под сельскохозяйственные культуры: Рекомендации / РУП «Институт почвоведения и агрохимии НАН Беларуси». – Мн., 2006. – 28 с.

15. Рекомендации по получению травяных кормов в пределах РДУ на торфяно-болотных почвах, загрязненных  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  / Под ред. академика И.М. Богдевича. – Минск, 2005. – 44 с.

Приложение А

#### Распределение земель Республики Беларусь

Область	Всего пахотных земель, га	Торфяные		Всего сенокосов и пастбищ, га	Торфяные	
		га	%		га	%
Брестская	717767	70501	9,8	365263	119 074	29,7
Витебская	695001	6014	0,9	414047	24 097	8,3
Гомельская	670630	56054	8,4	315991	83 026	29,8
Гродненская	676894	1679	0,2	277878	76 703	28,4
Минская	1112135	100951	9,1	390427	169 809	41,5
Могилевская	697333	1169	0,2	239218	34 011	16,8
Итого по РБ	4569760	236368	5,2	2002824	506720	25,9

Приложение Б

#### Распределение торфяных почв улучшенных сенокосов и пастбищ по группам кислотности

Область	Площадь		В том числе по группам кислотности, %							Средне-взвешенное значение $\text{pH}_{\text{ксл}}$
	га	%	I	II	III	IV	V	VI	VII	
			< 4,00	4,01-4,50	4,51-5,00	5,01-5,50	5,51-6,00	6,01-6,50	> 6,50	
Брестская	119 074	27,5	0,3	1,9	17,0	42,9	26,9	7,7	3,3	5,41
Витебская	24 097	5,3	0,1	1,0	10,1	31,7	27,8	15,8	13,5	5,74
Гомельская	83 026	25,1	0,3	2,0	15,0	36,5	30,1	14,8	1,3	5,48
Гродненская	76 703	25,8	-	0,3	8,2	25,2	28,8	20,4	17,1	5,89
Минская	169 809	40,8	0,1	1,2	12,1	34,4	33,0	14,3	4,9	5,62
Могилевская	34 011	14,0	0,2	2,1	10,0	33,4	34,1	14,0	6,2	5,64
Беларусь	506 720	23,3	0,2	1,4	12,9	35,1	30,3	13,8	6,3	5,60

**Распределение торфяных почв улучшенных сенокосов и пастбищ по содержанию подвижного калия**

Область	Площадь		В том числе по группам содержания К <sub>2</sub> O, %						Средне-взвешенное значение
	тыс. га	%	I	II	III	IV	V	VI	
			<200	201-400	401-600	601-1000	1001-1300	>1300	
Брестская	119 074	27,5	30,9	41,8	15,4	9,3	1,6	1,0	346
Витебская	24 097	5,3	42,2	38,3	11,1	6,7	1,4	0,3	291
Гомельская	83 026	25,1	32,2	40,2	14,6	9,5	1,8	1,7	352
Гродненская	76 703	25,8	46,0	42,5	7,5	3,3	0,5	0,2	261
Минская	169 809	40,8	22,5	59,3	14,0	3,8	0,3	0,1	318
Могилевская	34 011	14,0	75,9	17,9	4,1	1,8	0,1	0,2	175
Беларусь	506 720	23,3	34,1	45,8	12,6	6,0	0,9	0,6	311

Приложение Г

**Распределение сенокосов и пастбищ на торфяных почвах, загрязненных <sup>137</sup>Cs и <sup>90</sup>Sr, по областям Республики Беларусь, га**

Область	Плотность загрязнения <sup>137</sup> Cs, (Ки/км <sup>2</sup> ) кБк/м <sup>2</sup>				
	(>1,0) >37	(1,0-5,0) 37-185	(5,0-15,0) 185-555	(15,0-40,0) 555-1480	(>40,0) >1480
Брестская	9169	8591	578	0	0
Гомельская	36199	27294	7602	1231	72
Гродненская	2454	2454	0	0	0
Минская	7811	7600	211	0	0
Могилевская	8979	6537	2101	341	0
Беларусь	64613	52477	10492	1572	72

Область	Плотность загрязнения <sup>90</sup> Sr, (Ки/км <sup>2</sup> ) кБк/м <sup>2</sup>				
	(>0,15) >5,5	(0,15-0,30) 5,5-11,1	(0,3-1,0) 11,1-37	(1,0-3,0) 37-111	(>3,0) >111
Брестская	119	119	0	0	0
Гомельская	22168	11749	8867	1552	0
Минская	17	17	0	0	0
Могилевская	578	532	46	0	0
Беларусь	22882	12417	8913	1552	0

**Республиканские допустимые уровни содержания цезия-137 и стронция-90 в сельскохозяйственном сырье и кормах**

Нормируемые величины

Для переработки на пищевые цели допускается прием на перерабатывающие предприятия:

Продукция	Содержание, Бк/кг	
<b>Молоко для переработки на:</b>		
	<sup>137</sup> Cs	<sup>90</sup> Sr
сливочное масло	370	18
цельномолочные продукты, сыры, творог	100	3,7
молоко сухое и концентрированное	30	3,7
<b>Мясо:</b>		
говядина, баранина	500	не нормируется
свинина, птица	180	не нормируется
<b>Растительное сырье:</b>		
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

Допустимые уровни содержания цезия-137 и стронция-90 в основных видах кормов предусмотрены для получения различных видов конечной продукции:

- цельного молока (и молока-сырья для переработки на сыры и творог);
- молока-сырья для переработки на масло;
- мяса (говядины и свинины, заключительная стадия откорма).

Для заметок

Виды кормов	Содержание, Бк/кг				
	<sup>137</sup> Cs			<sup>90</sup> Sr	
	Молоко цельное	Молоко- сырье	Мясо, заключ. откорм КРС	Молоко цельное	Молоко- сырье
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, фураж	180	600	480	100	500
Зеленая масса	165	600	240	37	185
Хвойная, травяная мука, дробина пивная, жом, патока, барда, мясокостная мука	900	-	-	-	-
Мезга, молочные продукты, обрат	600	-	-	-	-
Дрожжи кормовые	370	-	-	-	-
Прочие виды кормов	900	-	-	-	-