

## ВОЗДЕЛЫВАНИЕ МНОГОЛЕТНИХ БОБОВО-ЗЛАКОВЫХ ТРАВосМЕСЕЙ НА ЗАГРЯЗНЕННЫХ РАДИОНУКЛИДАМИ ТОРФЯНЫХ ПОЧВАХ

Т. Ф. ПЕРСИКОВА

УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции  
и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия»,  
г. Горки, Республика Беларусь, e-mail: persikova52@rambler.ru

А. Г. ПОДОЛЯК

КУП «Гомельская областная проектно-изыскательская станция химизации сельского хозяйства»,  
г. Гомель, Республика Беларусь, e-mail: alexpodolyak@tut.by

(Поступила в редакцию 02.09.2022)

В статье представлены результаты многолетних исследований, полученных в полевом стационарном эксперименте, заложенном на торфяной маломощной почве (0,8–1,0 м), подстилаемой песком связным со следующими агрохимическими показателями: зольность 17,0 %; величина обменной кислотности рН<sub>KCl</sub> – 5,36, содержание подвижных форм P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 149 мг/кг; содержание подвижных форм K<sub>2</sub>O – 315 мг/кг; содержание обменных форм CaO – 1586 мг/кг; содержание обменных форм MgO – 106 мг/кг почвы. Плотность загрязнения почвы радионуклидами: <sup>137</sup>Cs – 499 кБк/м<sup>2</sup> (13,5 Ки/км<sup>2</sup>), <sup>90</sup>Sr – 16,2 кБк/м<sup>2</sup> (0,44 Ки/км<sup>2</sup>).

Установлено, что обязательным элементом технологии (контрмерой) при возделывании многокомпонентных бобово-злаковых травосмесей на загрязненных радионуклидами торфяных почвах для получения высокого урожая (до 120 ц/га сена) с низким содержанием <sup>137</sup>Cs и <sup>90</sup>Sr, должно быть внесение минеральных и микроудобрений в дозах N<sub>30</sub>P<sub>60</sub>K<sub>180-240</sub> + Cu<sub>100</sub> + Mo<sub>50</sub> + B<sub>50</sub>, которое способствует снижению величины коэффициентов перехода радионуклидов в сено бобово-злаковых травосмесей: для <sup>137</sup>Cs до 5 раз и для <sup>90</sup>Sr до 1,6 раза. Повышение доз калийных удобрений от 180 кг/га д.в. до 240 кг/га д.в. позволяет снизить величину Кп <sup>137</sup>Cs дополнительно в 1,5 раза и не влияет на снижение величины Кп <sup>90</sup>Sr.

Результаты радиоэкологической оценки показали, что производство молока цельного, соответствующего требованиям республиканским допустимым уровням РДУ-99 (<sup>137</sup>Cs-100 Бк/л, <sup>90</sup>Sr-3,7 Бк/л), возможно при использовании основных видов кормов из бобово-злаковых травосмесей, выращенных на торфяных почвах с оптимальными агрохимическими свойствами (величина обменной кислотности рН не менее 5,5; содержание подвижных форм K<sub>2</sub>O не менее 600 мг/кг) без ограничений при их плотности их загрязнения: <sup>137</sup>Cs до 11 Ки/км<sup>2</sup> (сено) и 6,1 Ки/км<sup>2</sup> (зеленая масса); <sup>90</sup>Sr до 2,0 Ки/км<sup>2</sup> (сено) и 1,4 Ки/км<sup>2</sup> (зеленая масса).

**Ключевые слова:** торфяные почвы, агрохимические показатели почвы, многокомпонентные бобово-злаковые травосмеси, коэффициенты перехода радионуклидов, <sup>137</sup>Cs и <sup>90</sup>Sr.

The article presents the results of many years of research obtained in a field stationary experiment, laid on thin peat soil (0.8–1.0 m), underlain by cohesive sand with the following agrochemical indicators: ash content 17.0 %; the value of exchangeable acidity рН<sub>KCl</sub> – 5.36; the content of mobile forms of P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 149 mg/kg; the content of mobile forms of K<sub>2</sub>O – 315 mg/kg; the content of exchangeable forms of CaO – 1586 mg/kg; the content of exchangeable forms of MgO – 106 mg/kg of soil. The density of soil contamination with radionuclides: <sup>137</sup>Cs – 499 kBq/m<sup>2</sup> (13.5 Ci/km<sup>2</sup>), <sup>90</sup>Sr – 16.2 kBq/m<sup>2</sup> (0.44 Ci/km<sup>2</sup>).

It has been established that an obligatory technology element (countermeasure) in the cultivation of multicomponent legume-grass mixtures on peat soils contaminated with radionuclides to obtain a high yield (up to 12 t/ha of hay) with a low content of <sup>137</sup>Cs and <sup>90</sup>Sr should be the introduction of mineral and micronutrient fertilizers in doses of N<sub>30</sub>P<sub>60</sub>K<sub>180-240</sub> + Cu<sub>100</sub> + Mo<sub>50</sub> + B<sub>50</sub>, which helps to reduce the coefficients of radionuclide transfer into hay of legume-grass mixtures: for <sup>137</sup>Cs up to 5 times and for <sup>90</sup>Sr up to 1.6 times. Increasing the doses of potash fertilizers from 180 kg/ha a.i. up to 240 kg/ha a.i. allows to reduce the transfer coefficient value of <sup>137</sup>Cs by an additional 1.5 times and does not affect the decrease in the transfer coefficient value of <sup>90</sup>Sr.

The results of the radioecological assessment showed that the production of whole milk that meets the requirements of the republican permissible levels RPL-99 (<sup>137</sup>Cs – 100 Bq/l, <sup>90</sup>Sr – 3.7 Bq/l) is possible when using the main types of fodder from legume-grass mixtures grown on peat soils with optimal agrochemical properties (exchangeable acidity рН not less than 5.5; content of mobile forms of K<sub>2</sub>O not less than 600 mg/kg) without restrictions with their pollution density: <sup>137</sup>Cs up to 11 Ci/km<sup>2</sup> (hay) and 6.1 Ci/km<sup>2</sup> (green mass); <sup>90</sup>Sr up to 2.0 Ci/km<sup>2</sup> (hay) and 1.4 Ci/km<sup>2</sup> (green mass).

**Key words:** peat soils, soil agrochemical parameters, multicomponent legume-grass mixtures, radionuclide transfer coefficients, <sup>137</sup>Cs and <sup>90</sup>Sr.

### Введение

В результате катастрофы на Чернобыльской АЭС более 500 тыс. га торфяно-болотных почв Белорусского Полесья подвержено загрязнению радионуклидами. Весьма трудно получить урожай многолетних трав на торфяно-болотных почвах с низким содержанием радионуклидов, пригодный для скармливания скоту и получения качественного молока и мяса без применения защитных мероприятий (контрмер). Это обусловлено как биологическими особенностями многолетних трав, которые накапливают радионуклиды в 10–20 раз больше, чем зерновые культуры, так и высокой адсорбционной способностью органического вещества и емкостью катионного обмена торфяных и торфяно-болотных почв [1–3].

Одним из главных мероприятий в современной радиозоологии, снижающих накопление  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$ , считается внесение минеральных удобрений, которое способствует увеличению концентрации обменных катионов в почве, приводит к усилению антагонизма между радионуклидами и внесенными катионами, а также способствует уменьшению подвижности радионуклидов и росту продуктивности растений. При этом особое значение имеет регулирование азотного питания растений, поскольку недостаток доступного азота в почве снижает урожай, а концентрация радионуклидов в растениеводческой продукции повышается. Применение повышенных доз азотных удобрений на загрязненных радионуклидами землях, как правило, стимулирует накопление радионуклидов в растениях и ухудшает качество сельскохозяйственной продукции [4–6].

Эффективность удобрений на бобово-злаковом травостое следует оценивать не только по выходу растительной продукции, но и по сохранности бобовой компоненты, которая обеспечит урожай в последующие годы жизни агрофитоценоза. Известно, что фосфорно-калийные удобрения сохраняют бобовые растения в травостое. Азотные удобрения затягивают сроки образования клубеньковых бактерий и ослабляют их развитие. При внесении азота под бобово-злаковые травостои усиливается ценотическое давление злаков, и бобовая культура постепенно выпадает из травостоя. Наряду с имеющимися данными о негативном воздействии азотных удобрений на развитие бобовых, существует мнение об эффективности применения их в начальные стадии развития [7].

Поиск резервов повышения эффективности пользования всех видов имеющихся ресурсов одна из важнейших задач любого производства. Необходимо выявить и практически использовать эти резервы. В условиях ограниченности ресурсов важно максимально задействовать малозатратные нематериальные факторы. К числу таких факторов, являющихся резервом повышения продуктивности полей, относится возделывание многолетних бобовых трав. Злаковые травы менее продуктивны, чем бобовые, и являются плохими предшественниками для зерновых колосовых, в особенности для пшеницы, тритикале и ячменя. Замена злаковых травостоев бобово-злаковыми в севообороте, особенно актуальна в настоящее время в связи с резким уменьшением площади пропашных культур и значительным удорожанием топлива. Производству должны быть предложены виды трав с высоким адаптивным потенциалом, способные эффективно функционировать на всех почвенных разностях республики. Совершенствование структуры многолетних трав в полевом и луговом кормопроизводстве Республики Беларусь, повышение урожайности культур, использование биологического азота и увеличение производства растительного белка при возделывании бобовых культур позволяет ежегодно на 25–30 % сократить расход кормов на единицу животноводческой продукции. Наиболее дешевая кормовая единица – это бобово-злаковые травосмеси, особенно отличающиеся длительным использованием, без применения азотных удобрений, а себестоимость кормовой единицы сена бобово-злаковых травосмесей существенно ниже, чем сена злаковых травостоев [3–6].

### **Основная часть**

Возможность использования бобовых культур для производства кормов могут ограничивать относительно высокие уровни накопления  $^{90}\text{Sr}$  при возделывании этих культур на загрязненных в результате чернобыльской катастрофы землях. Поэтому на современном этапе при создании и обновлении бобово-злаковых агроценозов большое значение имеет не только подбор компонентов, которые наиболее полно используют биоклиматические ресурсы и обеспечивают высокую урожайность бобовых культур в травосмесях, но и в меньшей степени накапливают радионуклиды. В связи с этим для загрязненных регионов введение ряда бобовых культур, в том числе нетрадиционных, таких как галега восточная и лядвенец рогатый в структуру посевных площадей, является важной задачей [1–5].

Галега восточная (*Galega orientalis* Lam.) превосходит традиционные кормовые культуры по комплексу биологических свойств и хозяйственно-ценных признаков. Она является наиболее энергоэкономичной культурой, посевы которой можно успешно использовать в течение 10 и более лет. С нее можно начинать использование кормов в зеленом конвейере, к середине мая она отрастает на высоту 40–50 см (для сравнения клевер луговой к этому времени имеет высоту 15–17 см). Благодаря холодоустойчивости последний укос этой культуры можно проводить в середине октября при сохранении питательной ценности корма [1].

Важнейшим фактором сохранения высокой продуктивности (60–100 ц к. ед. в год) сенокосно-пастбищных угодий на торфяных почвах с минимальным накоплением радионуклидов ( $K_p$   $^{137}\text{Cs}$  – 2,0–2,3;  $K_p$   $^{90}\text{Sr}$  – 4,0–5,0) является достижение их высокого уровня почвенного плодородия и оптимальных агрохимических свойств за счет применения агрохимических и агротехнических приемов их улучшения и эксплуатации (контрмер) (табл. 1) [6].

Таблица 1. Оптимальные параметры агрохимических свойств и показателей почвенного плодородия торфяных почв сенокосов и пастбищ Республики Беларусь

Содержание органического вещества (зольность), %	75–80 (20–25)
Обменная кислотность рН(КСl)	5,5–6,0
Подвижный К <sub>2</sub> O, мг/кг	1000–1200
Подвижный Р <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/кг	800–1000
Степень насыщенности основаниями V, %	80–90
Индекс агрохимической окультуренности почв Иок.	0,9–1,0

Результаты по влиянию применения минеральных удобрений и микроудобрений на урожайность многолетних бобово-злаковых травосмесей и накопление ими радионуклидов получены путем проведения многолетних (на протяжении 2011–2014 гг.) исследований в полевом эксперименте в СПК «Оборона» Добрушского района Гомельской области. Стационарный опыт был заложен на торфяной маломощной почве (0,8–1,0 м), подстилаемой песком связным со следующими агрохимическими показателями: зольность 17,0 %; величина обменной кислотности рН<sub>КСl</sub> – 5,36, содержание подвижных форм Р<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 149 мг/кг; содержание подвижных форм К<sub>2</sub>O – 315 мг/кг; содержание обменных форм СаО – 1586 мг/кг; содержание обменных форм MgO – 106 мг/кг почвы. Плотность загрязнения почвы радионуклидами: <sup>137</sup>Cs – 499 кБк/м<sup>2</sup> (13,5 Ки/км<sup>2</sup>), <sup>90</sup>Sr – 16,2 кБк/м<sup>2</sup> (0,44 Ки/км<sup>2</sup>).

В опыте изучалось три вида многокомпонентных бобово-злаковых среднеспелых травосмесей. Посев травосмесей беспокровный, повторность в эксперименте 6-кратная, площадь учетной делянки 10 м<sup>2</sup>, размещение делянок – рендомизированное. Минеральные удобрения вносились в виде суперфосфата аммонизированного, калия хлористого и аммиачной селитры в соответствии с разработанной со схемой полевого опыта (табл. 2).

Таблица 2. Состав и нормы высева многолетних бобово-злаковых травосмесей в полевом опыте

Состав травосмеси	Норма высева, кг/га
Тимофеевка луговая ( <i>Phleum pratense</i> L.)	6,0
Овсяница луговая ( <i>Festuca pratensis</i> Huds.)	6,0
Кострец безостый ( <i>Bromopsis inermis</i> L.)	6,0
Клевер гибридный ( <i>Trifolium hybridum</i> L.)	4,0
Клевер луговой ( <i>Trifolium pratense</i> L.)	4,0
<b>Всего</b>	<b>26</b>
Тимофеевка луговая ( <i>Phleum pratense</i> L.)	6,0
Овсяница луговая ( <i>Festuca pratensis</i> Huds.)	6,0
Кострец безостый ( <i>Bromopsis inermis</i> L.)	6,0
Лядвенец рогатый ( <i>Lotus corniculatus</i> L.)	5,0
<b>Всего</b>	<b>23,0</b>
Тимофеевка луговая ( <i>Phleum pratense</i> L.)	6,0
Овсяница луговая ( <i>Festuca pratensis</i> Huds.)	6,0
Кострец безостый ( <i>Bromopsis inermis</i> L.)	6,0
Галега восточная ( <i>Galega orientalis</i> L.)	10,0
<b>Всего</b>	<b>28,0</b>

Фосфорные удобрения вносились в полной дозе под первый укос, калийные и азотные – 75 % под первый укос и 25 % под второй укос, микроудобрения в виде сульфата меди, молибденовокислого аммония, борной кислоты в виде внекорневых подкормок согласно рекомендациям [3].

Почвенные пробы отбирались поделочно перед закладкой опыта и после проведения каждого укоса трав. В пробах определяли основные агрохимические показатели по общепринятым методикам: гумус – по Тюрину в модификации ЦИНАО; определение зольности и содержания органического вещества в торфяно-болотной почве по ГОСТу 27784-88; рН (КСl) – потенциометрическим методом; подвижные формы фосфора и калия – по Кирсанову; кальций и магний – на атомно-абсорбционном спектрофотометре ААС-30[8].

Растительные пробы отбирались поделочно в двух укосах в фазе бутонизации бобовых трав. В них определялось содержание <sup>137</sup>Cs и <sup>90</sup>Sr и основные зоотехнические показатели качества кормов по следующим методикам: влажность и содержание сухого вещества по ГОСТу 23637-90; содержание сырой клетчатки по методу Геннеберга и Штомана в модификации ЦИНАО; содержание сырого жира – методом экстрагирования по Рушковскому; общий N, Р<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, К<sub>2</sub>O, Са и Mg в растительном материале – методом инфракрасной спектроскопии на анализаторе PS-6250; сырой протеин – умножением общего содержания азота в сене на коэффициент 6,25; БЭВ, питательную ценность (ц.к.е.), содержание обменной и валовой энергии (МДж) – расчетным методом.

Содержание  $^{137}\text{Cs}$  в почве и растениях определялось на гамма-спектрометре «Canberra-Packard»,  $^{90}\text{Sr}$  – радиохимическим методом в модификации ЦИНАО с радиометрическим окончанием на альфа-бета счетчике «Canberra-2400», Бк/кг.

Цель исследования – установить оптимальные дозы минеральных удобрений при залужении многолетними бобово-злаковыми травосмесями сенокосов на низинных торфяных почвах, загрязненных  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$ , для получения качественных кормов (соответствующих требованиям санитарно-гигиенических нормативов).

#### Основная часть

Установлено, что в первый год пользования (2 год жизни трав) многолетние бобово-злаковые травосмеси, при благоприятных метеорологических условиях вегетационного периода, сформировали три укоса при средней урожайности сена (в зависимости от состава травосмеси) на уровне 144,9–161,2 ц/га (табл. 3).

Таблица 3. Урожайность сена многолетних бобово-злаковых травосмесей на маломощной торфяной почве (среднее за три года пользования, ц/га)

Варианты опыта	Урожайность, ц/га				Прибавка, ц/га
	1 год пользования, (за три укоса)	2 год пользования (за два укоса)	3 год пользования (за два укоса)	в среднем за 3 года	
<b>Галега+овсяница+кострец+тимopheевка</b>					
Контроль	98,0	65,4	40,0	67,8	-
$\text{P}_{60}\text{K}_{180} + \text{Cu}_{100} + \text{Mo}_{50} + \text{B}_{50}$	132,0	107,8	92,0	110,6	42,8
$\text{N}_{30}\text{P}_{60}\text{K}_{180} + \text{Cu}_{100} + \text{Mo}_{50} + \text{B}_{50}$	147,9	122,2	107,7	125,9	58,1
$\text{N}_{30}\text{P}_{60}\text{K}_{240} + \text{Cu}_{100} + \text{Mo}_{50} + \text{B}_{50}$	160,1	133,6	118,9	137,5	69,7
<b>НСР<sub>05</sub></b>	<b>4,8</b>	<b>4,3</b>	<b>4,3</b>	<b>4,5</b>	
<b>Лядвенец+овсяница+кострец+тимopheевка</b>					
Контроль	88,2	65,8	43,8	65,9	-
$\text{P}_{60}\text{K}_{180} + \text{Cu}_{100} + \text{Mo}_{50} + \text{B}_{50}$	125,4	117,6	99,9	114,3	48,4
$\text{N}_{30}\text{P}_{60}\text{K}_{180} + \text{Cu}_{100} + \text{Mo}_{50} + \text{B}_{50}$	134,1	126,3	116,3	125,6	59,6
$\text{N}_{30}\text{P}_{60}\text{K}_{240} + \text{Cu}_{100} + \text{Mo}_{50} + \text{B}_{50}$	144,9	138,1	125,1	136,0	70,1
<b>НСР<sub>05</sub></b>	<b>5,4</b>	<b>4,4</b>	<b>4,4</b>	<b>4,9</b>	
<b>Клевер+овсяница+кострец+тимopheевка</b>					
Контроль	76,9	55,0	41,0	57,6	-
$\text{P}_{60}\text{K}_{180} + \text{Cu}_{100} + \text{Mo}_{50} + \text{B}_{50}$	134,1	100,6	85,6	106,8	49,1
$\text{N}_{30}\text{P}_{60}\text{K}_{180} + \text{Cu}_{100} + \text{Mo}_{50} + \text{B}_{50}$	143,1	115,3	104,5	121,0	63,3
$\text{N}_{30}\text{P}_{60}\text{K}_{240} + \text{Cu}_{100} + \text{Mo}_{50} + \text{B}_{50}$	161,2	124,5	116,4	134,0	76,4
<b>НСР<sub>05</sub></b>	<b>6,1</b>	<b>4,2</b>	<b>4,2</b>	<b>5,2</b>	

Во второй и третий годы пользования были более засушливые погодные условия, что дало возможность получить только два укоса. Поэтому урожайность травосмесей на 2 год пользования была ниже на 20 %, а в 3 год на 30 % по сравнению с первым годом пользования. Прибавка урожайности травосмесей от внесения минеральных удобрений в дозе  $\text{N}_{30}\text{P}_{60}\text{K}_{240} + \text{Cu}_{100} + \text{Mo}_{50} + \text{B}_{50}$  в среднем за три года составила 69,7–76,4 ц/га и зависела от состава травосмеси. Обеспечение питания бобово-злаковых травосмесей за счет ежегодного внесения минеральных удобрений и микроэлементов в указанной дозе позволило не только получить высокую урожайность сена, но и поддержать плодородие торфяных почв [7–9].

На слабо обеспеченной калием торфяной почве внесение  $\text{N}_{30}\text{P}_{60}\text{K}_{180} + \text{Cu}_{100} + \text{Mo}_{50} + \text{B}_{50}$  способствует снижению параметров перехода  $^{137}\text{Cs}$  в 3,6–4,9 раза в зависимости от ботанического состава травосмеси. Повышение доз калийных удобрений от 180 кг/га д.в. до 240 кг/га д.в. позволяет снизить  $\text{Kp}^{137}\text{Cs}$  для сена дополнительно в 1,5 раза (табл.4).

Таблица 4. Коэффициенты перехода (Кп)  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  для сена различного ботанического состава на маломощной торфяной почве (в среднем за 4 года исследований, Бк/кг: кБк/м<sup>2</sup>)

Дозы удобрений	Кп $^{137}\text{Cs}$ Бк/кг:кБк/м <sup>2</sup>	Кратность снижения накопления $^{137}\text{Cs}$	Кп $^{90}\text{Sr}$ Бк/кг:кБк/м <sup>2</sup>	Кратность снижения накопления $^{90}\text{Sr}$
<b>Галега+овсяница+кострец+тимофеевка</b>				
Без удобрений	11,5±1,6	–	3,5±0,5	–
P <sub>60</sub> K <sub>180</sub> + Cu <sub>100</sub> + Mo <sub>50</sub> + B <sub>50</sub>	3,7±0,4	3,1	2,8±0,4	1,3
N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>180</sub> + Cu <sub>100</sub> + Mo <sub>50</sub> + B <sub>50</sub>	3,2±0,4	3,6	2,6±0,4	1,4
N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>240</sub> + Cu <sub>100</sub> + Mo <sub>50</sub> + B <sub>50</sub>	2,1±0,3	5,4	2,4±0,3	1,5
<b>Лядвенец+овсяница+кострец+тимофеевка</b>				
Контроль	15,3±1,8	–	4,3±0,6	–
P <sub>60</sub> K <sub>180</sub> + Cu <sub>100</sub> + Mo <sub>50</sub> + B <sub>50</sub>	3,8±0,5	4,0	2,9±0,4	1,5
N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>180</sub> + Cu <sub>100</sub> + Mo <sub>50</sub> + B <sub>50</sub>	3,1±0,5	4,9	3,0±0,4	1,4
N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>240</sub> + Cu <sub>100</sub> + Mo <sub>50</sub> + B <sub>50</sub>	2,0±0,3	7,6	2,7±0,3	1,6
<b>Клевер+овсяница+кострец+тимофеевка</b>				
Контроль	14,6±1,4	–	4,2±0,5	–
P <sub>60</sub> K <sub>180</sub> + Cu <sub>100</sub> + Mo <sub>50</sub> + B <sub>50</sub>	3,7±0,5	3,9	3,4±0,4	1,2
N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>180</sub> + Cu <sub>100</sub> + Mo <sub>50</sub> + B <sub>50</sub>	3,1±0,4	4,7	3,0±0,4	1,4
N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>240</sub> + Cu <sub>100</sub> + Mo <sub>50</sub> + B <sub>50</sub>	2,3±0,3	6,3	2,8±0,3	1,6

Внесение удобрений в дозе N<sub>30</sub>P<sub>60</sub>K<sub>240</sub> + + Cu<sub>100</sub> + Mo<sub>50</sub> + B<sub>50</sub> снижает поступление  $^{137}\text{Cs}$  в сено до 7,5 раз по сравнению с контролем. Внесение азотных удобрений в дозе 30 кг/га д.в. на фосфорно-калийном фоне P<sub>60</sub> K<sub>180-240</sub> на параметры накопления  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  сеном бобово-злаковых травосмесей существенного влияния не оказывает. Результаты анализа значений параметров перехода  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  за 4 года жизни трав показали, что накопление радионуклидов бобово-злаковыми травосмесями на торфяной почве в первый год пользования было интенсивнее, чем в последующие годы пользования (рисунок).

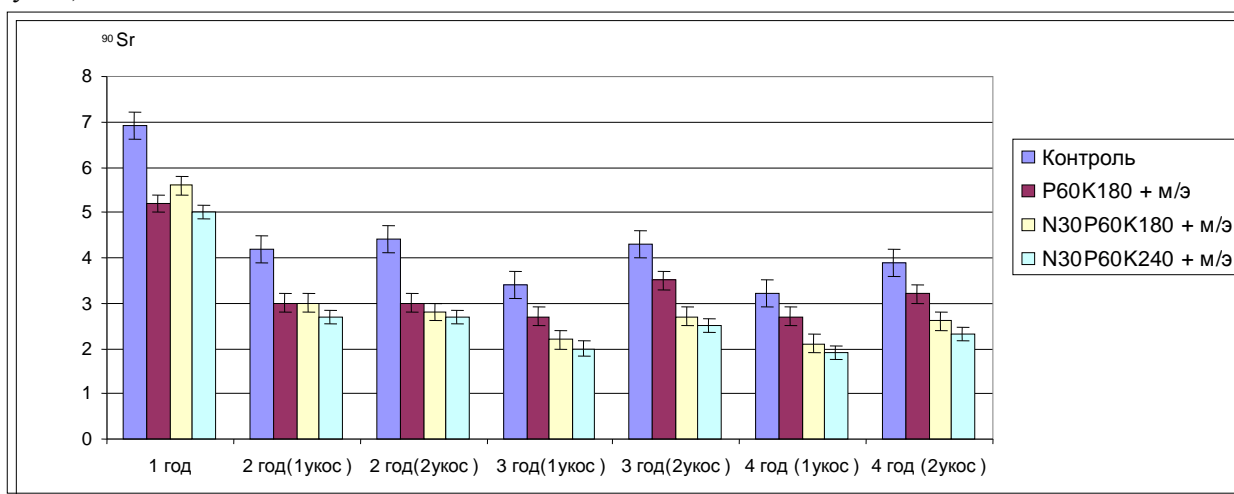


Рис. Параметры перехода  $^{90}\text{Sr}$  для сена бобово-злаковых травосмесей на основе лядвенца рогатого при различных дозах минеральных удобрений (в среднем за 4 года исследований)

Обеспечение питания бобово-злаковой травосмеси за счет ежегодного внесения минеральных и микроудобрений в дозе N<sub>30</sub>P<sub>60</sub>K<sub>180</sub> + Cu<sub>100</sub> + Mo<sub>50</sub> + B<sub>50</sub> позволило снизить величину параметров перехода  $^{137}\text{Cs}$  для травостоя второго укоса во второй год пользования в 1,7 раза по сравнению с первым годом пользования и в 3 раза по сравнению с первым годом жизни трав.

Установлено, что накопление  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в урожае многолетних бобово-злаковых травосмесей, кроме года пользования, зависит также от укоса. Параметры перехода  $^{137}\text{Cs}$  для травостоя многолетних травосмесей второго укоса в зависимости от доз внесенных минеральных удобрений в 1,5–2,6 раза выше, чем для урожая первого укоса. Снижение параметров перехода  $^{90}\text{Sr}$  для урожая травосмесей в зависимости от года пользования происходило менее интенсивно в 1,3 раза.

В целях безопасности получения загрязненной радионуклидами продукции животноводства, эту закономерность необходимо учитывать при различном использовании кормов из данных травосмесей

(при производстве молока цельного, молока сырья, заключительного откорма крупного рогатого скота различных возрастных групп). Для получения молока цельного соответствующего требованиям РДУ-99 ( $^{137}\text{Cs}$ -100 Бк/л) производство основных видов кормов из бобово-злаковых травосмесей на основе лядвенца рогатого, галеги восточной и клевера лугового возможно без ограничений по плотности загрязнения  $^{137}\text{Cs}$  на торфяных почвах ограничение составляет на сено 11 Ки/км<sup>2</sup>, на зеленую массу – 6,1 Ки/км<sup>2</sup> при оптимальных агрохимических показателях почвы (величина рН не менее 5,5; содержание подвижных форм К<sub>2</sub>О не менее 600 мг/кг). Сено и зеленая масса из бобово-злаковых травосмесей, полученные на торфяных почвах, могут быть использовано для кормления КРС для производства молока цельного ( $^{90}\text{Sr}$  3,7 Бк/л) при его содержании в рационе не более 260 Бк/кг, при плотности загрязнения почв  $^{90}\text{Sr}$  до 2,0 Ки/км<sup>2</sup>. При превышении допустимых уровней содержания  $^{90}\text{Sr}$  в кормах (РДУ для зеленой массы 37 Бк/кг), возможно использование их для получения молока-сырья (РДУ содержания в зеленой массе соответственно 185 Бк/кг).

Установлено по результатам полевого эксперимента, что внесение минеральных удобрений и микроудобрений в различных дозах под бобово-злаковые травосмеси способствует получению сена по основным зоотехническим показателям качества в пределах действующих санитарно-гигиенических нормативов (табл. 5).

Таблица 5. Химический состав и питательная ценность сена многолетних бобово-злаковых травосмесей (в среднем за 4 года исследований)

Дозы удобрений	Сырой жир	Сырая клетчатка	Сырой протеин	К.ед. в кг корма	Обменная энергия, МДж/кг	К	Са	Mg.	P
	%								
Галега+ овсяница+кострец+тимофеевка									
Контроль	2,9	27,0	17,1	0,50	9,9	1,3	0,4	0,15	0,26
P <sub>60</sub> K <sub>180</sub> + Cu <sub>100</sub> + Mo <sub>50</sub> +B <sub>50</sub>	3,4	27,4	17,8	0,53	9,7	1,8	0,7	0,13	0,31
N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>180</sub> + Cu <sub>100</sub> + Mo <sub>50</sub> +B <sub>50</sub>	3,4	25,2	17,7	0,53	10,2	1,9	0,8	0,15	0,34
N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>240</sub> + Cu <sub>100</sub> + Mo <sub>50</sub> +B <sub>50</sub>	3,5	24,3	18,0	0,52	10,6	2,2	0,8	0,22	0,33
Лядвенец+ овсяница+кострец+тимофеевка									
Контроль	3,2	25,7	17,1	0,50	10,0	1,3	0,5	0,22	0,28
P <sub>60</sub> K <sub>180</sub> + Cu <sub>100</sub> + Mo <sub>50</sub> +B <sub>50</sub>	3,7	27,1	17,4	0,53	10,1	1,7	0,7	0,19	0,29
N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>180</sub> + Cu <sub>100</sub> + Mo <sub>50</sub> +B <sub>50</sub>	3,5	26,7	17,6	0,54	10,3	1,9	0,7	0,17	0,30
N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>240</sub> + Cu <sub>100</sub> + Mo <sub>50</sub> +B <sub>50</sub>	3,6	25,9	19,1	0,56	10,2	2,1	0,8	0,18	0,34
Клевер+ овсяница+кострец+тимофеевка									
Контроль	3,0	26,2	14,6	0,51	9,8	1,4	0,6	0,18	0,27
P <sub>60</sub> K <sub>180</sub> + Cu <sub>100</sub> + Mo <sub>50</sub> +B <sub>50</sub>	3,4	27,0	17,8	0,56	10,2	1,7	0,7	0,16	0,31
N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>180</sub> + Cu <sub>100</sub> + Mo <sub>50</sub> +B <sub>50</sub>	3,4	26,1	17,2	0,54	10,1	1,7	0,8	0,17	0,32
N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>240</sub> + Cu <sub>100</sub> + Mo <sub>50</sub> +B <sub>50</sub>	3,5	26,5	18,4	0,57	10,4	2,0	0,9	0,18	0,35
<b>НСР<sub>0,5</sub></b>	<b>0,3</b>	<b>1,6</b>	<b>1,8</b>	<b>0,03</b>	<b>0,1</b>	<b>0,3</b>	<b>0,1</b>	<b>0,02</b>	<b>0,02</b>

По обобщенным данным, в травах удобряемых луговых земель содержание сырого протеина в сухом веществе должно составлять не менее 8–14 %, сырого жира – 1,5–3,0 %, клетчатки не более 28–30 %, а отношение калия к сумме кальция и магния – 2,2–2,4, условно допустимый уровень – 2,6. 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 % [10–12].

Показатели зоотехнического качества сена травосмесей при внесении минеральных и микроудобрений в варианте N<sub>30</sub>P<sub>60</sub>K<sub>180</sub> + Cu<sub>100</sub> + Mo<sub>50</sub> + B<sub>50</sub> были наиболее оптимальными: содержание сырой протеин до 17,5 %, сырая клетчатка до 26,5 %, жир до 3,5 %, что позволило получить с каждого гектара бобово-злаковых травосмесей не менее 0,55–0,57 кормовых единиц [8–11].

### Закключение

1. Обязательным элементов технологии (контрмерой) при возделывании многокомпонентных бобово-злаковых травосмесей на загрязненных радионуклидами торфяных почвах для получения высокого урожая (до 120 ц/га сена) с низким содержанием  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  должно быть внесение минеральных и микроудобрений в дозах N<sub>30</sub>P<sub>60</sub>K<sub>180-240</sub> + Cu<sub>100</sub> + Mo<sub>50</sub> + B<sub>50</sub>.

2. Внесение удобрений в дозах N<sub>30</sub>P<sub>60</sub>K<sub>180-240</sub> + Cu<sub>100</sub> + Mo<sub>50</sub> + B<sub>50</sub> способствует снижению величины коэффициентов перехода радионуклидов в сено бобово-злаковых травосмесей: для  $^{137}\text{Cs}$  до 5 раз и  $^{90}\text{Sr}$  до 1,6 раза. Повышение доз калийных удобрений от 180 кг/га д.в. до 240 кг/га д.в. позволяет снизить величину Кп  $^{137}\text{Cs}$  дополнительно в 1,5 раза.

3. Производство молока цельного, соответствующего требованиям республиканским допустимым уровням РДУ-99 ( $^{137}\text{Cs}$ -100 Бк/л,  $^{90}\text{Sr}$ -3,7 Бк/л), возможно при использовании основных видов кормов из бобово-злаковых травосмесей, выращенных на торфяных почвах с оптимальными агрохимическими

ми свойствами (величина обменной кислотности рН не менее 5,5; содержание подвижных форм  $K_2O$  не менее 600 мг/кг) без ограничений при их плотности их загрязнения:  $^{137}Cs$  до 11 Ки/км<sup>2</sup> (сено) и 6,1 Ки/км<sup>2</sup> (зеленая масса);  $^{90}Sr$  до 2,0 Ки/км<sup>2</sup> (сено) и 1,4 Ки/км<sup>2</sup> (зеленая масса).

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Галегга восточная и ее возможности / П. Т. Пикун [и др.]. – Минск: Белорусская наука, 2011. – 193 с.
2. Современные проблемы радиологии в сельскохозяйственном производстве: монография / под общ. ред. Ю. А. Мажайского. – Рязань: Мещерский ф-л ГНУ ВНИИГ и М Россельхозакадемия, 2010. – 363 с.
3. Применение некорневых подкормок сельскохозяйственных культур микроудобрениями на загрязненных радионуклидами почвах (рекомендации) / РУП «Институт почвоведения и агрохимии». – Минск, 2004. – 20 с.
4. Научные основы реабилитации сельскохозяйственных территорий, загрязненных в результате крупных радиационных аварий: монография / Под общ. ред. Н. Н. Цыбулько. – Минск: РНИУП «Институт радиологии», 2011. – 438 с.
5. Рекомендации по ведению сельскохозяйственного производства на территории радиоактивного загрязнения Республики Беларусь на 2021–2025 годы / Н. Н. Цыбулько и [и др.]. РУП «Институт почвоведения и агрохимии». – Минск: ИВЦ Минфина, 2021. – 144 с.
6. Рекомендации по возделыванию многолетних бобово-злаковых многокомпонентных травосмесей на загрязненных радионуклидами торфяных почвах / РНИУП «Институт радиологии» – Минск: Ин-т радиологии, 2015. – 33 с.
7. Подоляк, А. Г. Радиологические аспекты производства сельскохозяйственной продукции на территории радиоактивного загрязнения / А. Г. Подоляк, А. Ф. Карпенко // Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства: сб. науч. тр. Вып. 19. – Ч.2. – Горки, 2016. – С. 194–201.
8. Белоус, Н. М. Радиологические аспекты применения минеральных удобрений на радиоактивно загрязненных кормовых угодьях / Н. М. Белоус, А. Г. Подоляк, Е. В. Смольский, А. Ф. Карпенко // Агрохимический вестник. – 2016. – № 2. – С. 10–14.
9. Подоляк, А. Г. Влияние минеральных удобрений на урожайность многолетних злаковых трав и накопление радионуклидов  $^{137}Cs$  и  $^{90}Sr$  на торфяной почве / А. Г. Подоляк / Почвоведение и агрохимия. – 2007. – № 1 (38). – С. 252–262.
10. Ласько, Т. В. Возделывание многолетних бобово-злаковых травосмесей на загрязненных радионуклидами почвах / Т. В. Ласько, А. Г. Подоляк // Агрохимический вестник. – Сер. хим. наук. – 2016. – №2. – С. 15–19.
11. Параметры поступления  $^{137}Cs$  и  $^{90}Sr$  в многолетние злаковые травы и зоотехнические показатели качества кормов в зависимости от доз внесения удобрений на торфяной почве / А. Г. Подоляк [и др.]. // Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства: сб. науч. тр. Вып. 19. – Ч. 2. – Горки, 2016. – С. 185–193.