

АГРОНОМИЯ, ЛЕСНОЕ И ВОДНОЕ ХОЗЯЙСТВО
AGRONOMY, FORESTRY AND WATER MANAGEMENT
АГРОХИМИЯ, АГРОПОЧВОВЕДЕНИЕ, ЗАЩИТА И КАРАНТИН РАСТЕНИЙ
(СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ)

Научная статья

УДК 631.438:631.82:633.2

**ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОИЗВОДСТВА КОРМОВ НА РАДИОАКТИВНО-ЗАГРЯЗНЕННЫХ
ЛУГАХ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ПОЙМЫ РЕКИ ИПУТЬ
ЮГО-ЗАПАДА ЦЕНТРАЛЬНОГО НЕЧЕРНОЗЕМЬЯ**

**Павел Петрович Атрошенко, Виктор Федорович Шаповалов, Елена Михайловна Милютина,
Светлана Николаевна Поцепай**
ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, Брянская область, Кокино, Россия

Аннотация. Изучено влияние минеральных удобрений различной степени насыщенности (NPK) на урожайность естественного и сеяного травостоя многолетних мятликовых трав на радиоактивно загрязненном участке заливного луга центральной поймы реки Ипуть в Брянской области. Естественные угодья для производства зелёной массы кормов и сенажа требуют мероприятий по улучшению посредством внедрения малозатратных агрохимических приёмов и методик и заменой низкопродуктивного естественного травостоя на сеяные мятликовые энергонасыщенные травостои. Одним из агротехнических мероприятий, способствующих улучшению низкопродуктивных, мелиоративно неустроенных естественных кормовых угодий является поверхностное улучшение в комплексе с агрохимическими мероприятиями. Установлено, что самая высокая урожайность сена многолетних мятликовых трав первого и второго укосов формировалась на фоне поверхностного улучшения в варианте с применением минеральных удобрений под первый укос $N_{60}P_{60}K_{90}$ и $N_{60}K_{90}$ под второй укос. Под влиянием минеральных удобрений отмечено улучшение качественных показателей корма (сырого протеина, сырой золы, каротина). Концентрация нитратного азота в сене многолетних трав первого и второго укосов была ниже предельно допустимого уровня (1000 мг/кг). Последовательно возрастающие дозы калийного удобрения способствовали снижению удельной активности цезия-137 в урожае сена естественного и сеяного травостоя многолетних мятликовых трав ниже допустимого уровня для грубых кормов – 600 Бк/кг. Из этого следует что, химическая и агротехническая мелиорация способствовали повышению продуктивности биомассы травостоя как на лугах естественного, так и искусственного происхождения. Полученные грубые корма первого, так и второго укосов, как естественного травостоя, так и сеяной злаковой травосмеси могут быть использованы на корм сельскохозяйственных животных без ограничений.

Ключевые слова: многолетние травы, поверхностное улучшение, минеральные удобрения, урожайность, качество, цезий-137.

Для цитирования: Эффективность производства кормов на радиоактивно-загрязненных лугах центральной поймы реки Ипуть юго-запада Центрального Нечерноземья / П.П. Атрошенко, В.Ф. Шаповалов, Е.М. Милютина, С.Н. Поцепай // Вестник Брянской ГСХА. 2024. № 5 (105). С. 3-10.

Original article

**EFFICIENCY OF FEED PRODUCTION IN RADIOACTIVELY CONTAMINATED MEADOWS
OF THE CENTRAL FLOODPLAIN OF THE SOUTH-WEST OF THE CENTRAL
NON-BLACK SOIL ZONE**

Pavel P. Atroshenko, Viktor F. Shapovalov, Elena M. Milyutina, Svetlana N. Potsepai
Bryansk State Agrarian University, Bryansk Region, Kokino, Russia

Abstract. The effect of mineral fertilizers of varying degrees of saturation (NPK) on the productivity of natural and seeded herbage of perennial bluegrasses was studied in a radioactively contaminated area of a flood meadow in the central floodplain of the Iput River in the Bryansk region. Natural grasslands for the production of green mass of feeds and haylage requires improvement measures through the introduction of low-cost agrochemical methods and techniques and the replacement of low-productive natural herbage with seeded bluegrass energy-rich herbage. One of the agrotechnical measures that contributes to the improvement of low-productivity, undeveloped natural feed grasslands is surface improvement in combination with agrochemical measures. It was established that the highest hay yields of perennial bluegrasses of the first and second cuttings was formed against the background of surface improvement in the variant with the use of mineral fertilizers for the first cutting $N_{60}P_{60}K_{90}$ and $N_{60}K_{90}$ for the second cutting. Under the influence of mineral fertilizers, an improvement in the quality feed indicators (crude protein, crude ash, carotene) was noted. The concentration of nitrate nitrogen in the hay of perennial grasses from the first and second cuttings

was below the maximum permissible level (1000 mg/kg). Consistently increasing doses of potassium fertilizer contributed to a decrease in the specific activity of cesium-137 in the hay harvest of natural and seeded herbage of bluegrasses below the established sanitary and hygienic standard for roughages - 600 Bq/kg (VP 13.5.13/06-01). It follows from this that chemical and agrotechnical reclamation contributed to increasing the productivity of herbage biomass in both natural and artificial meadows. The obtained roughages from the first and second cuttings of both natural herbage and sown cereal grass mixture, can be used as feed for farm animals without restrictions.

Key words: perennial grasses, surface improvement, mineral fertilizers, yields, quality, cesium-137.

For citation: Efficiency of feed production in radioactively contaminated meadows of the central floodplain of the south-west of the central Non-black Soil Zone / P.P. Atroshenko, V.F. Shapovalov, E.M. Milyutina, S.N. Potsepai // Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy. 2024. 55 (105). 3-10.

В настоящий период важнейшей задачей для животноводческой отрасли АПК России является создание прочной и устойчивой кормовой базы, где основой сбалансированного кормления сельскохозяйственных животных должно быть организовано производство высокопротеиновых энергосыщенных кормов [1-4].

Естественные луга различной типологии производят достаточное количество биомассы травостоя, однако эти хозяйственные показатели колеблются по годам. Причина значительных динамических изменений в кормопроизводстве – недостаточное число элементов питания, отсутствие мелиоративных мероприятий, иногда – действие вторичных экофакторов в виде колебаний увлажнения, размножения фитофагов. Естественные угодья для производства зелёной массы кормов и сенажа требуют мероприятий по улучшению посредством внедрения малозатратных агрохимических приёмов и методик и заменой низко продуктивного естественного травостоя на сеяные мятликовые энергосыщенные травостои [5,6]. Одним из агротехнических мероприятий, способствующих улучшению низкопродуктивных, мелиоративно неустроенных естественных кормовых угодий является поверхностное улучшение в комплексе с агрохимическими мероприятиями [7, 8]. На территории Брянской области в междуречье Ипути, Десны, Болвы более 490 тыс.га лугов как кормовых угодий естественного происхождения несут следы радиоизотопного загрязнения, поэтому зелёная масса (продукция) таких угодий потенциально участвует в круговороте радионуклидов [9,10]. В биогеохимических циклах радионуклидов в системе «корм – сельскохозяйственные животные» накапливаются загрязнители по правилу кумулятивного эффекта, особенно цезий, вследствие чего продукция животноводства не отвечает нормативным показателям СанПиНов, что создает риск радиационных эффектов облучения населения [11]. В связи с вышеизложенным настоящая статья посвящена выполнению программы по мелиорации и реабилитации луговых экосистем, затрагивающих биокосное тело – почву, косвенно воздействующих на качество травостоя, делая его энергосыщенным, безопасным для содержания поллютантов [13,14,15].

Разработка теоретических основ рационального использования радиоактивно загрязнённых естественных кормовых угодий и внедрение их в практику сельскохозяйственного производства является актуальным направлением исследований на перспективу.

Цель исследований – сравнить результаты реабилитационных мероприятий на лугах естественного происхождения при проведении мелиорации и перезалужении, а также внесении минеральных удобрений.

Условия и методика исследований. Стационарный опыт, заложенный в 1994 г. в Новозыбковском районе Брянской области, включал естественные луговые угодья на участке центральной поймы р. Ипуть. Проведены мелиоративные мероприятия по полному перезалужению. Начальные характеристики почвы включали: аллювиальная дерново-оглеенная песчаная с содержанием органического вещества (по Тюрину) 3,08- 3,33 значения кислотности (рН) – 5,2-5,6, подвижного фосфора – 640-680 мг/кг и обменного калия – 165-180 мг/кг (по Кирсанову). Определение плотности загрязнения Cs 137 в начальный период изысканий – 759-867 кБк/ м². На реперных точках закладывались опыты: 1. Естественный травостой. 2. Поверхностная обработка дернины дисковой бороной БДФ-2,4 в двух направлениях под углом 90° с последующим, фрезерованием почвы фрезой ФБК – 2 в двух направлениях под углом 90°, предпосевное прикатывание почвы катками ЗКВГ – 1,5. Посев травосмеси злаковых трав проводили зернотравяной сеялкой СЗТ-3,6 в конце второй декады августа месяца. Состав злаковой травосмеси: овсяница луговая (*Festuca pratensis*) – 6 кг/га, лисохвост луговой (*Alopecurus pratensis*) – 5 кг/га, двукосточник тростниковый (*Phalaris arundenacea*) – 7 кг/га.

Минеральные удобрения вносили в форме аммиачной селитры (34,4% N), суперфосфата двойного (48%P₂O₅), калия хлористого (56% K₂O). Азотные и калийные удобрения вносили дробно: половину расчетной дозы под первый укос, вторую половину под второй укос, фосфорные под один прием.

Схема удобрения включила следующие варианты: 1. Контроль (без удобрения); 2. P₆₀K₉₀; 3. N₉₀P₆₀K₆₀; 4. N₉₀P₆₀K₉₀; 5. N₉₀P₆₀K₁₂₀; 6. N₉₀K₁₂₀; 7. N₁₂₀P₆₀K₁₂₀; 8. N₁₂₀P₆₀K₁₅₀; 9. N₁₂₀P₆₀K₁₈₀. Повторность опыта трехкратна, площадь опытной делянки 63 м², расположение вариантов рандомизированное.

Биомассу трав учитывали методом укусов на основе сплошного поделяночного скашивания, применялась косилка Е-302; с не менее 10 реперных укусов вычислялось среднее значение биомассы травостоя. Учётные мероприятия осуществляли в соответствии с рекомендациями по мере отрастания отавной массы – в июне, в августе. Урожайность сена определяли, высушиванием зеленой массы с 1 м² до воздушно-сухого состояния и постоянного веса с последующим пересчетом на урожай сена.

Удельную активность ¹³⁷Cs для проб биомассы при камеральной обработке определяли на комплексе УСК «Гамма Плюс» с программным обеспечением «Прогресс 2000»; учитывали рекомендации по пробоподготовке и проведении измерений в растительных и почвенных образцах. Исследования проводили по общепринятым методикам (15,16), полученные данные подвергали дисперсному и корреляционному анализу с использованием программ Microsoft Excell и 7.0 Statistika 7.0 (Statsoft, Inc. США).

Результаты исследований. При исследовании воздействия комплекса мелиоративных мероприятий на продуктивность биомассы отмечено, что при первом укусе показатели были наименьшие в варианте «контроль», в том числе учитывая и контроль (при поверхностной фоновой обработке почвы), и естественные угодья (таблица 1). В контрольном варианте на естественном травостое урожайность сена первого укуса составила в среднем 1,52 т/га, а по фону поверхностной обработки почвы урожайность сена повышалась на 0,27 т/га. Внесение фосфорно-калийного удобрения P₆₀K₄₅ повышало урожайность сена первого укуса естественного травостоя на 1,57 т/га или в 2,03 раза относительно контроля. В тоже время прибавка биомассы в рассматриваемом варианте опыта (при поверхностной обработке почвы) оказалось на уровне 1,62 т/га или в 1,9 раза в сравнении с контролем. Так как калийные удобрения корректируют скорость и направления миграционных процессов, вследствие повышения количества внесённого калия (до 60 кг/га д.в.) зарегистрировано повышение продуктивности многолетнего травостоя как в лугах естественного происхождения, так и при поверхностной обработке. Внесение азота в дозе 45 кг/га при использовании калийно-фосфорных удобрений показало эффективность приёма реабилитации в возрастании показателей биомассы травостоя (при сравнительном варианте с контролем) более чем в 2,7 раза. При этом биомасса сена при первом укусе в мятликовой травосмеси увеличилась по сравнению с контролем в 3,4 раза, прибавка контролю составляла 150%. Приём химической мелиорации – внесение калийных удобрений в возрастающих дозах (60 до 75 кг/га д.в.) – показал положительные результаты в возрастании продуктивности травостоя первого укуса многолетних трав как естественного, так и сеяного травостоев. Сравнительная характеристика эффекта влияния внесения азотных и калийных удобрений показала бóльший эффект при применении первых. Аналогичная тенденция в биологическом влиянии выявлена при применении азотных удобрений (60кг/га д.в.) в дополнении к фосфорно-калийному удобрению P₆₀K₆₀, особенно при возрастании действующих доз биогенных элементов. Самые высокие значения показателей биомассы травостоя из мятликовых трав на естественных и сеяных луговых угодьях выявлены для опыта при применении полных минеральных удобрений (соотношение N₆₀P₆₀K₉₀ N:P=1:1,5).

Таблица 1 - Показатели динамики биомассы травостоя (урожайности, т/га) при вариантах мелиоративных опытов с разными дозами удобрений и поверхностной обработке почвы

Вариант	Первый укос						
	Луга естественного происхождения						
	Динамика биомассы				Прибавка		
	2019	2020	2021	среднее	к контролю	от N	от K
Контроль	1,51	1,46	1,58	1,52	-	-	-
P ₆₀ K ₄₅	2,86	2,97	3,44	3,009	1,57	-	-
N ₄₅ P ₆₀ K ₄₅	5,92	5,35	5,71	5,66	4,14	2,57	-
N ₄₅ P ₆₀ K ₆₀	6,21	5,71	6,11	6,01	4,49	-	0,35
N ₄₅ P ₆₀ K ₇₅	6,41	6,12	6,27	6,27	4,75	-	0,61
P ₆₀ K ₄₅	3,12	2,83	3,07	3,00	1,48	-	-
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	6,23	6,50	6,54	6,42	4,90	3,42	-
N ₆₀ P ₆₀ K ₇₅	6,29	6,61	6,58	6,49	4,97	-	0,07
N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀	6,52	6,83	6,621	6,66	5,14	-	0,24
НСР0,5, чист	0,56						
НСР 0.5 – обр, почвы	0,20						
НСР 0.5 – удобрения	0,23						

Продолжение таблицы 1

Второй укос							
Вариант	Лука естественного происхождения						
	Динамика биомассы				Прибавка		
	2019	2020	2021	среднее	к контролю	от N	от K
Контроль	0,58	0,65	0,63	0,62	-	-	-
K ₄₅	1,17	1,44	1,28	1,30	0,68	-	-
N ₄₅ K ₄₅	3,12	3,33	3,06	3,17	25,5	1,87	-
N ₄₅ K ₆₀	4,05	3,51	3,33	3,63	30,1	-	0,46
N ₄₅ K ₇₅	4,39	3,62	3,73	3,91	32,9	-	0,74
K ₆₀	1,42	1,74	1,58	1,58	0,96	-	-
N ₆₀ K ₆₀	4,93	4,28	4,16	4,29	3,67	2,71	-
N ₆₀ K ₇₅	4,56	4,49	4,35	4,47	3,85	-	0,18
N ₆₀ K ₉₀	4,93	4,70	4,63	4,75	4,13	-	0,46
НСП 0.5, част	0,43						
НСП 0.5 – обр, почвы	0,14						
НСП 0.5 – удобрения	0,30						
Первый укос							
Поверхностная обработка (дискование)							
Контроль	1,81	1,69	1,88	1,79	-	-	-
P ₆₀ K ₄₅	3,12	3,46	3,66	3,41	1,62	-	-
N ₄₅ P ₆₀ K ₄₅	6,59	5,78	5,94	6,10	4,31	2,69	-
N ₄₅ P ₆₀ K ₆₀	6,72	6,21	6,34	6,42	4,63	-	0,32
N ₄₅ P ₆₀ K ₇₅	6,93	6,41	6,61	6,65	4,86	-	0,55
P ₆₀ K ₄₅	2,97	3,66	3,99	3,54	1,75	-	-
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	6,86	6,14	6,43	6,48	4,69	2,94	-
N ₆₀ P ₆₀ K ₇₅	6,95	6,61	6,34	6,63	4,84	-	0,15
N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀	7,04	6,77	6,61	6,81	5,02	-	0,33
НСП0.5, чист							
НСП 0.5 – обр, почвы							
НСП 0.5 – удобрения							
Второй укос							
Поверхностная обработка (дискование)							
Контроль	0,61	0,65	0,73	0,66	-	-	-
K ₄₅	1,42	1,31	1,62	1,45	0,79	-	-
N ₄₅ K ₄₅	3,87	3,35	3,42	3,45	2,88	2,0	-
N ₄₅ K ₆₀	4,32	3,61	3,58	3,84	3,18	-	0,39
N ₄₅ K ₇₅	4,43	4,22	4,08	4,24	3,58	-	0,79
K ₆₀	1,67	1,77	1,91	1,78	1,07	-	-
N ₆₀ K ₆₀	5,22	4,34	4,25	4,37	3,71	2,59	-
N ₆₀ K ₇₅	5,46	4,53	4,35	4,78	4,12	-	0,41
N ₆₀ K ₉₀	5,88	4,65	4,77	5,10	4,44	-	0,73
НСП 0.5, част							
НСП 0.5 – обр, почвы							
НСП 0.5 – удобрения							

Эффект реабилитационных мероприятий при мелиорации и внесении различных доз минеральных удобрений при анализе динамики биомассы травостоя был аналогичным формированию урожайности трав при первом укосе. Урожайность сена второго укоса в контрольном варианте как естественного, так и сеяного травостоя практически мало различались и составляли 0,62-0,66 т/га. Под влиянием действия фосфорно- калийного удобрения в дозе P₆₀K₄₅ урожайность сена второго укоса увеличивалась на 0,68 т/га по сравнению с контролем на естественном травостое, на сеяной мятликовой травосмеси эффективность фосфорно- калийного удобрения оказалась выше. Более высокие прибавки урожая сена второго укоса относительно контроля были получены от применения азотного удобрения в дозе 45 кг/га д.в, при учёте на реперных лугах естественного происхождения, так и при поверхностной обработке почвы и формировании сеяных луговых травостоев. Прибавка урожайности сена от азотного удобрения на естественном травостое составляла 1,87 т/га, на сеяной злаковой травосмеси 2,0 т/га, или более чем в три раза в сравнении с контролем. Анализ биомассы травостоя (сена) второго укоса показал, что при увеличении калийного удобрения в составе полной минеральной подкормки уменьшаются значения биомассы при контрольных укосах на естественных лугах, так

и в сеяной мятливой смеси. При модификации лугового опыта и внесении увеличивающейся дозы азотных минеральных удобрений до 60 кг/га д.в. выявлено повышение биомассы травостоя во втором укосе. Возрастание биомассы травостоя на реперных площадках луговых сообществ естественного происхождения на 2,71 т/га, на сеяной злаковой травосмеси – на 2,59 т/га, что более чем в три раза превышает урожайность на контрольном варианте.

Увеличение калийного питания от 75 до 90 кг/га д.в. сопровождалось повышением размера биомассы травостоя лугов естественного происхождения, но эти данные были меньше, чем зарегистрированные показатели продуктивности биомассы при подкормке возрастающими дозами азота. Наибольшая продуктивность травостоя (сена) при втором контрольном укосе на лугах сеяных и естественных достигалась агротехническим приёмом при применении полного минерального удобрения в дозе N₉₀K₉₀ (соотношение N:K= 1:1.5).

Таблица 2 - Качественные характеристики фитомассы травостоя лугов различного происхождения в зависимости от мелиоративных мероприятий

Вариант	Естественный травостой				Поверхностная обработка			
	содержание в сухом веществе				содержание в сухом веществе			
	Сырой протеин, %	Сырая зола, %	Каротин мг/ кг	Нитраты, мг/ кг	Сырой протеин, %	Сырая зола, %	Каротин мг/ кг	Нитраты, мг/ кг
Первый укос								
Контроль	10,08	7,29	17,8	178	10,21	7,40	18,6	187
P ₆₀ K ₄₅	10,29	7,55	18,7	210	10,53	7,62	19,0	210
N ₄₅ P ₆₀ K ₄₅	13,96	8,49	24,4	235	14,08	8,53	25,9	231
N ₄₅ P ₆₀ K ₆₀	14,62	8,54	25,3	244	14,69	8,61	26,4	242
N ₄₅ P ₆₀ K ₇₅	14,89	8,70	26,4	249	15,13	8,74	26,9	250
P ₆₀ K ₆₀	11,60	7,57	24,1	218	11,85	8,59	25,0	216
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	14,50	8,63	27,6	254	14,72	8,67	29,7	253
N ₆₀ P ₆₀ K ₇₅	15,04	8,93	30,5	260	15,19	8,97	31,9	269
N ₆₀ P ₆₀ K ₉₀	15,24	9,36	31,9	266	15,56	9,32	32,6	274
НСП 0,5, част	0,53	0,02	3,3	7,2				
НСП0,5 – обр, почвы	0,18	0,01	1,2	2,0				
НСП 0,5 – удобрения	0,36	0,01	2,4	5,3				
Второй укос								
Контроль	8,83	7,33	15,6	243	8,93	7,38	15,9	241
K ₄₅	9,52	8,10	22,3	256	9,65	8,12	23,0	252
N ₄₅ K ₄₅	10,46	8,27	25,7	270	10,67	8,29	26,5	265
N ₄₅ K ₆₀	12,19	8,40	26,6	294	12,42	8,40	27,5	293
N ₄₅ K ₇₅	14,79	8,44	31,2	337	14,73	8,47	32,3	341
K ₆₀	9,69	8,15	23,3	358	9,76	8,18	23,9	362
N ₆₀ K ₆₀	13,66	4,41	30,7	368	13,69	8,44	31,1	366
N ₆₀ K ₇₅	13,98	8,45	31,4	372	14,00	8,48	32,6	371
N ₆₀ K ₉₀	14,44	8,47	32,3	384	14,51	5,53	33,4	383
НСП 0,5, чист	0,16	0,02	2,2	8,8				
НСП 0,5 – обр, почвы	0,05	0,01	1,1	2,9				
НСП 0,5 – удобрения	0,11	0,01	1,8	6,2				

Качественные показатели зелёного корма при контрольных укосах на лугах в опытах и контроле показали динамику в содержании ионов, веществ и элементов в зависимости от мелиоративных мероприятий. Химический анализ подтвердил улучшение качественных показателей травостоя (сена) многолетних растений (табл. 2). В среднем за годы исследований содержание сырого протеина в сене первого укоса естественного травостоя на контрольном варианте составляло 10,08%, в сене сеяной злаковой травосмеси -10,21%. При внесении совместно действующих фосфорно-калийных удобрений зарегистрировано увеличение показателей сырого протеина на сеяных и естественных лугах делянок. При применении полного минерального удобрения выявлялся значительный прирост показателей кормовых качеств сена: содержание сырого белка в сене первого контрольного укоса на лугах естественного под влиянием азотного удобрения в дозе 45 кг/мг д.в. на фоне P₆₀K₄₅ повышалось на 3,67%, а в сене сеяной злаковой травосмеси – на 3,55% по сравнению с фосфорно- калийным фоном.

На реперных площадках в опыте при возрастании вносимых доз калия (60 и 75 кг/*га д.в.) при применении полной инеральной подкормки диагностировано увеличение содержания сырого белка в травостое при первом контрольном укосе как в контроле, так и на сеяных мятликовыми травами луговых реперах. Так, содержание сырого протеина в сене первого укоса естественного травостоя в варианте $N_{45}P_{60}K_{60}$ увеличивалась по сравнению с вариантом $N_{45}P_{60}K_{45}$ на 0,66%, а по сравнению с вариантом $N_{45}P_{60}K_{75}$ на 0,93%, в сене сеяной злаковой травосмеси содержание сырого протеина увеличивалось в этих вариантах соответственно на 0,61 и 1,05% соответственно. Как и для опытов, регистрирующих количество биомассы травостоя лугов, при увеличении вносимых К и Р до 60 кг/*га д.в. повышались значения сырого белка при первом укосе естественных и сеяных мятликовыми смесями делянках: в естественном травостое относительно варианта $P_{60}K_{45}$ – на 1,31%, в сене сеяной травосмеси – на 1,32%. При полном минеральном удобрении и возрастании азота (до 60кг/га д.в.) увеличивалось содержание сырого протеина для первого контрольного укоса с 11,60 до 14,50 %, а в сене первого укоса сеяной злаковой травосмеси – с 11,85 до 14,71%. Сырой протеин возрастал и при увеличении калия в действующем веществе удобрений (варианты $N_{60}P_{60}K_{75}$ и $N_{60}P_{60}K_{90}$) для травостоя укосов на естественном травостое и сеяном лугу. При соотношении во вносимых на лугах естественного и сеяного происхождения азота и калия 1:1,5 диагностировано наибольшая концентрация сырого белка.

Во втором укосе анализ травостоя на сырой белок показало уменьшение среднего содержания сырого белка: в сене травостоя естественного луга по вариантам опыта в пределах 8,83-14,44%, в сене второго укоса сеяной злаковой травосмеси – в пределах 8,93-14,51%. Минеральные удобрения, соотношения элементов действующих веществ, оказывали аналогичное влияние на концентрацию сырого протеина в травостое лугов как естественного, так и искусственного происхождения в первом и втором контрольных укосах. Динамика содержания золы и каротина при применении минеральных удобрений показали увеличение значений концентрации в травостое лугов в первом и втором укосе независимо от их происхождения. Наименьшее значения этих показателей отмечено на контрольном варианте, наибольшее в варианте $N_{60}P_{60}K_{90}$ в первом укосе и варианте $N_{60}K_{90}$ во втором укосе как в сене естественного травостоя, так и в сене сеяной злаковой травосмеси.

Содержание азота нитритного происхождения выявлена как минимальные показатели (ниже нормативных значений) при химической мелиорации и реабилитации лугов, особенно для сеяных травостоев (ниже 1000 мг/кг).

При сравнительной характеристике удельной активности (УА) радионуклида ^{137}Cs выявлены динамические процессы, указывающие на снижение этого показателя. В травостое контрольных делянок УА ^{137}Cs – в среднем 3496 Бк/кг, при агротехнических мероприятиях наблюдалось снижение УА до 2242 Бк/кг (табл.3.). Применение калийно-фосфорного удобрения способствовало снижению УА ^{137}Cs в травостое естественных лугов первого контрольного укоса в 7,2 раза, при поверхностном улучшении в 6,2 раза относительно контрольного варианта.

Таблица 3 - Показатели удельной активности ^{137}Cs при агротехнических мероприятиях мелиорации в травостое лугов разного происхождения

Вариант	Естественный укос		Поверхностная обработка	
	Первый укос	Второй укос	Первый укос	Второй укос
Контроль	3496	3476	2242	2171
$P_{60}K_{90}$	486	436	363	341
$N_{90}P_{60}K_{90}$	1304	1015	826	784
$N_{90}P_{60}K_{120}$	746	658	265	452
$N_{90}P_{60}K_{150}$	376	342	268	253
$P_{60}K_{120}$	358	301	246	233
$N_{120}P_{60}K_{120}$	481	433	366	337
$N_{120}P_{60}K_{150}$	312	309	296	281
$N_{120}P_{60}K_{180}$	266	244	242	221
НСР0,5, общая	48	31		
НСР0,5 – обр, почвы	15	11		
НСР0,5 – удобрения	33	21		

Азотные удобрения при дозе 45 кг/га д.в. способствовали возрастанию УА ^{137}Cs в травостое лугов как естественных, так и сеяных более чем в 1,9 раза по сравнению с применением калийно-фосфорных удобрений (сравнение с фоном $P_{60}K_{45}$). Повышении доз калия с 60 до 75 кг/га д.в. уменьшали показатели УА ^{137}Cs в биомассе травостоя естественных и сеяных мятликовых лугов (сравнение с вариантом $N_{45}P_{60}K_{45}$): в 1,75-3,47 и 3,11-3,14 раза соответственно. Кормовая травосмесь

в варианте вносимого K_{75} по УА ^{137}Cs при проведении радионуклидного анализа соответствовала санитарно-гигиеническим нормативам. При внесении $P_{60}K_{60}$ отмечено уменьшение удельной активности цезия-137 в сене первого укоса естественного травостоя в сравнении с вариантом $P_{60}K_{45}$ в 1,36 раза, в сене сеяной травосмеси 1,47 раза.

Применение азотного удобрения N_{60} в составе $P_{60}K_{60}$ повышали цифры УА ^{137}Cs в травостое первого контрольного укоса на естественных лугах по сравнению с вариантом $P_{60}K_{60}$ в 1,34 раза, а в травостое сеяных лугов на делянках – в 1,47 раза.

Повышение доз калийных удобрений (от K_{75} , K_{90}) в составе $N_{60}P_{60}$ вызывало уменьшение в травостое показателей УА ^{137}Cs при сравнении с вариантом $N_{60}P_{60}K_{60}$ на естественном травостое в 1,5-1,8 раза, на фоне поверхностного улучшения в 1,4-1,5 раза. Данные по УА ^{137}Cs в сене на естественных лугах выявили показатели в 312-266 Бк/кг, в сене сеяной травосмеси – 296-242 Бк/кг (норматив – 400 Бк/кг).

УА ^{137}Cs для травостоя второго контрольного укоса регистрировалась ниже, чем для травостоя первого. Так, в контрольном варианте в сене естественного травостоя удельная активность цезия-137 составила в среднем 3476 Бк/кг, в сене сеяной злаковой травосмеси удельная активность цезия-137 была в среднем на уровне 2171 Бк/кг. Показатели УА ^{137}Cs контролируются вносимыми минеральными удобрениями: азотные удобрения способствовали возрастанию показателей УА, последовательно возрастающие дозы K – уменьшению в травостое контрольного второго укоса.

Таким образом, химическая и агротехническая мелиорация способствовали повышению продуктивности биомассы травостоя как на лугах естественного, так и искусственного происхождения. При проведении защитных мероприятий на радиоактивных лугах центральной поймы применение полного минерального удобрения $N_{60}P_{60}K_{90}$ обеспечивает формирование урожая сена первого укоса естественного травостоя в 6,66 т/га, применение полного минерального удобрения $N_{60}K_{90}$ способствует получению урожайности сена второго укоса порядка 4,75 т/га. Применение такой же системы удобрений способствует формированию урожая сена первого укоса сеяной мятликовой травосмеси на уровне 6,81 т/га, второго укоса порядка 5,10 т/га с высокими показателями качества, при удельной активности цезия-137 в корме не превышающей действующий санитарно-гигиенический норматив (ВП 13,513/06-0,1). Полученные грубые корма первого, так и второго укосов, как естественного травостоя, так и сеяной злаковой травосмеси могут быть использованы на корм сельскохозяйственных животных без ограничений.

Список источников

1. Косолапов В.М., Трофимов И.А. Проблемы и перспективы развития кормопроизводства // Кормопроизводство. 2011. № 2. С. 4-7.
2. Эффективность мероприятий по улучшению продуктивности сенокосов / Е.В. Смольский, Л.П. Харкевич, С.Ф. Чесалин и др. // Агротехнический вестник. 2015. № 5. С. 25-28.
3. Белоус Н.М., Шаповалов В.Ф., Смольский Е.В. Системы удобрений полевого и лугового кормопроизводства в условиях радиоактивного загрязнения территории // Плодородие. 2016. № 5 (92). С. 34-28.
4. Состояние и перспективы развития кормопроизводства / А.А. Кутузова, А.С. Шпаков, В.М. Косолапов и др. // Кормопроизводство. 2021. № 2. С. 3-8.
5. Влияние удобрений и агротехнологических мероприятий при производстве сена многолетних трав на пойменном лугу радиоактивного загрязнения / Л.П. Харкевич, В.Ф. Шаповалов, Е.В. Смольский и др. // Агротехнический вестник. 2017. № 3. С. 15-18.
6. Эффективность защитных мероприятий при улучшении радиоактивно загрязненных пойменных кормовых угодий в отдаленный период после аварии на ЧАЭС / Н.Н. Бокатуро, С.Н. Поцепай, Н.М. Белоус и др. // Кормопроизводство. 2018. № 2. С. 11-16.
7. Ковшова В.Н. Низкозатратные приемы поверхностного улучшения старовозрастных пастбищ и абсолютных суходолов // Кормопроизводство. 2011. № 2. С. 13-15.
8. Эффективность защитных мероприятий при возделывании многолетних трав на радиоактивно загрязненных пойменных лугах / Н.Н. Бокатуро, А.А. Справцев, С.Н. Поцепай, Н.М. Белоус // Агротехнический вестник. 2020. № 1. С. 65-70.
9. Алексахин Р.М., Лунев М.М., Техногенное загрязнение сельскохозяйственных угодий (исследование, контроль и реабилитация территорий) // Плодородие. 2011. № 3. С. 32-35.
10. Применение минеральных удобрений в условиях радиоактивно загрязненного пойменного луга / Е.В. Смольский, Н.М. Белоус, В.Ф. Шаповалов и др. // Агротехнический вестник. 2018. № 1. С. 87-96.
11. Improving The Efficiency Of Monitoring Of Natural And Seeded Forage Grasslands In The Territories Of Technogenic Pollution In The Non-Black Soil Zone Of The Russian Federation / S.N. Potsepai, L.N.

Anishchenko, S.A. Belchenko et al. // International Journal Of Control And Automation. 2020. Т. 13, № 1. С. 54-72.

12. Роль минеральных удобрений при использовании радиоактивно загрязненных лугов в качестве сенокоса / Е.В. Смольский, А.Л. Силаев, В.Е. Мамеева, К.А. Сердюкова // Вестник Курской ГСХА. 2019. № 3. С. 42-47.

13. Радиоэкологическая оценка калийных удобрений в кормопроизводстве в отдельный период после аварии на Чернобыльской АЭС / В.Ф. Чесалин, В.Ф. Шаповалов, Г.П. Малявко и др. // Плодородие. 2021. № 5. С. 90-94.

14. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта с основами статистической обработки результатов исследований. М.: Агропромиздат, 1985. 135 с.

15. Методические указания по проведению исследований в длительных опытах с удобрениями. Ч. 1. М.: ВИУА, 1975. 167 с.

Информация об авторах

П. П. Атрошенко – аспирант кафедры агрохимии, почвоведения и экологии, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ.

В.Ф. Шаповалов – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры агрохимии, почвоведения и экологии, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ.

Е.М. Милютин – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры информатики, информационных систем и технологий, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ.

С.Н. Поцепай – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры иностранных языков, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ

Information about the authors

P. P. Atroshenko – Postgraduate student of the Department of Agrochemistry, Soil Science and Ecology, Bryansk State Agrarian University

V.F. Shapovalov – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Agrochemistry, Soil Science and Ecology, Bryansk State Agrarian University.

E.M. Milyutina – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Informatics, Information Systems and Technologies, Bryansk State Agrarian University.

S.N. Potsepai - Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Foreign Languages, Bryansk State Agrarian University.

Все авторы несут ответственность за свою работу и представленные данные. Все авторы внесли равный вклад в эту научную работу. Авторы в равной степени участвовали в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

All authors are responsible for their work and the data provided. All authors have made an equal contribution to this scientific work. The authors were equally involved in writing the manuscript and are equally responsible for plagiarism. The authors declare that there is no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 20.03.2024; одобрена после рецензирования 25.09.2024, принята к публикации 30.09.2024 .

The article was submitted 20.03.2024; approved after reviewing 25.09.2024; accepted for publication 30.09.2024 .

© Атрошенко П.П., Шаповалов В.Ф., Милютин Е.М., Поцепай С.Н.