

G.A. Stupakova, E.E. Ignatyeva, S.A. Dengina  
Pryanishnikov Institute of Agrochemistry, Pryanishnikova ul. 31A, 127434 Moscow, Russia

A brief overview of the activities of Pryanishnikov Institute of Agrochemistry on the development of reference materials of the composition of substances and materials. The registry is presented with the composition of soils and crop products, reflecting the real needs of test laboratories of the agro-industrial complex. All samples are certified for fertility indicators (agrochemical indicators), quality indicators and toxicological pollution, studied for homogeneity and stability. Most of these reference materials are included in the state registry. As a result of many years of activity, a collection of soils and crop products has been formed. The collection has almost all types of soils of the Russian Federation and the post-Soviet space. COMECON reference materials of crop products are unique in composition, since not only traditionally defined quality and safety indicators (protein, calcium, phosphorus, potassium, lead, cadmium, etc.), but also quite rare elements for research (beryllium, vanadium, scandium and others). The collection is a scientific and educational interest as an integral part of the actual scientific basis for the work of agroecologists, soil scientists, agrochemists, all interested professionals. Keywords: reference material, soil, feed, compound feed, agrochemical indicators, heavy metals.

УДК 631.8:633.2:546.36

DOI: 10.25680/S19948603.2021.122.22

## РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА КАЛИЙНЫХ УДОБРЕНИЙ В КОРМОПРОИЗВОДСТВЕ В ОТДАЛЕННЫЙ ПЕРИОД ПОСЛЕ АВАРИИ НА ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АЭС

С.Ф. Чесалин, к.с.-х.н., В.Ф. Шаповалов, д.с.-х.н., Г.П. Малявко, д.с.-х.н.,  
Е.В. Смольский, к.с.-х.н., Л.П. Харкевич, д.с.-х.н., ФГБОУ ВО Брянский ГАУ  
243365, Россия, Брянская обл., Выгоничский р-н, с. Кокино, ул. Советская 2а

В условиях радиоактивного загрязнения основным фактором снижения перехода  $^{137}\text{Cs}$  из почвы в кормовые культуры является применение калийного удобрения, действие которого на изменение радиоэкологического состояния территории в отдаленный период после аварии на ЧАЭС недостаточно изучено. Поэтому цель исследований – установить роль калийного удобрения в получении кормов с допустимым содержанием  $^{137}\text{Cs}$  на различных почвах. Исследования проводили в опытах с возделыванием кормовых культур в условиях юго-запада Брянской области на пойменной дерновой оглеенной супесчаной, дерново-подзолистой песчаной и супесчаной почвах. Наименьшее накопление  $^{137}\text{Cs}$  в воздушно-сухой массе установили на заливных лугах при возделывании двустичника тростникового, в полевых агроценозах – тимopheевки луговой и суданской травы. Калийные удобрения существенно влияли на изменчивость удельной активности  $^{137}\text{Cs}$  корма. Переход  $^{137}\text{Cs}$  в грубые корма зависел от биологических особенностей кормовых культур, уровня применения калийного удобрения и почвенных условий. Установлено, что максимальный переход  $^{137}\text{Cs}$  из почвы от 3,26 до 4,11 Бк/кг :  $\text{кБк/м}^2$  происходил в условиях заливного луга, который был в разы меньше, чем в полевом агроценозе. При этом бобовые кормовые культуры в большей степени накапливали радионуклид. В настоящее время сохраняется риск получения продукции животноводства с содержанием  $^{137}\text{Cs}$  выше норматива при использовании пойменных лугов с плотностью загрязнения  $^{137}\text{Cs}$  больше 850  $\text{кБк/м}^2$ . При этом применение калийного удобрения позволяет возвращать кормовые угодья в сельскохозяйственный оборот.

Ключевые слова: заливной луг, полевой агроценоз, радиоактивное загрязнение, кормопроизводство, калийные удобрения, удельная активность  $^{137}\text{Cs}$ .

Для цитирования: Чесалин С.Ф., Шаповалов В.Ф., Малявко Г.П., Смольский Е.В., Харкевич Л.П. Радиоэкологическая оценка калийных удобрений в кормопроизводстве в отдаленный период после аварии на Чернобыльской АЭС// Плодородие. – 2021. – №5. – С. 90-94 DOI: 10.25680/S19948603.2021.122.22.

Эффективное производство кормов – основа развития кормопроизводства как естественной фундаментальной базы животноводства. При этом кормопроизводство не только связывает воедино растениеводство и животноводство, но и объединяет агрохимию, земледелие, экологию, рациональное природопользование, охрану окружающей среды, расширенное воспроизводство плодородия почв, социально-психологические аспекты работников отрасли [1-3].

На совещании в Тверской области, посвященном развитию сельского хозяйства Центрального Нечерноземья, 28 июля 2016 г. Президент РФ обратил особое внимание на развитие молочного и мясного скотоводства, которые должны стать якорными. В Центральном Нечерноземье

для этого есть все возможности: обширные земельные ресурсы, кормовая база [4].

Авария на Чернобыльской АЭС (ЧАЭС) в 1986 г. привела к радиоактивному загрязнению обширных территорий 21 области Российской Федерации, из которых наибольшему техногенному загрязнению подверглась Брянская область, особенно её юго-западная часть [5-7].

Несмотря на то, что с момента аварии прошло уже более 30 лет, радиологическая обстановка на территории юго-запада Брянской области остается неблагоприятной для нормального проживания и жизнедеятельности людей. До сих пор существует вероятность производства кормов и продукции животноводства, не соответствующих допустимым уровням содержания в них  $^{137}\text{Cs}$  [8-10]. Это обусловлено в значительной степени

природными условиями загрязненных территорий, для которых характерны высокие темпы миграции радионуклидов [11-13]. Поэтому в отдаленный период после аварии на Чернобыльской АЭС необходимо проведение защитных мероприятий, которые снизят переход радионуклидов из почвы в растения и далее по трофической цепи [14-16]. Результатом чего станет введение в сельскохозяйственный оборот радиоактивно загрязненных кормовых угодий, ранее выведенных из кормопроизводства.

Цель исследования – оценить роль калийного удобрения в получении кормов с допустимым содержанием  $^{137}\text{Cs}$  на различных почвах.

**Методика.** Брянская область расположена в западной части Восточно-Европейской равнины. Центральная и юго-западная части заняты Приднепровской и Полесской низменностями.

Климат области умеренно-теплый и влажный. Идущие на восток с Атлантического океана воздушные массы приносят летом пасмурную и дождливую погоду, а зимой значительные потепления [17].

Агроклиматические показатели территории исследования получены на метеорологическом посту Новозыбковской СХОС – филиале ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса», расположенном на  $52^{\circ}30'50''$  северной широты и на  $31^{\circ}51'36''$  восточной долготы, высота над уровнем моря – 190 м.

Температурный режим периода исследований колебался как по месяцам, так и по годам исследований. Наиболее теплый период исследований наблюдали с 2009 по 2011 г., когда средняя температура вегетации была  $17,8^{\circ}\text{C}$  (табл. 1).

**1. Агроклиматические показатели периода вегетации**

Годы	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Вегетационный период
<i>Температура воздуха, <math>^{\circ}\text{C}</math></i>							
2009-2011	10,0	16,7	21,1	23,4	20,8	14,8	17,8
2011-2013	10,3	18,4	20,9	22,1	20,0	13,7	17,6
2013-2015	9,5	18,5	20,4	21,1	20,9	13,8	17,4
Климатическая норма	7,3	14,9	18,3	20,0	18,7	13,1	15,4
<i>Количество выпавших осадков, мм</i>							
2009-2011	22	52	73	87	61	56	351
2011-2013	60	37	74	66	64	56	357
2013-2015	27	55	59	65	26	59	291
Климатическая норма	39	54	72	80	70	55	370

По количеству осадков, выпавших за вегетацию, наиболее влажный период исследований наблюдали с 2011 по 2013 г., а наиболее засушливый – в 2013-2015 г.

Исследования по действию калийного удобрения на изменения радиоэкологических показателей кормопроизводства проводили в условиях юго-запада Брянской области в долготлетнем опыте на пойменной дерновой оглеенной супесчаной почве с данными почвенного плодородия:  $\text{pH}_{\text{KCl}}$  5,2-5,6, гумус 3,0-3,3 % (по Тюрину),  $\text{P}_2\text{O}_5$  620-840 мг/кг,  $\text{K}_2\text{O}$  130-180 мг/кг (по Кирсанову) и плотностью загрязнения  $^{137}\text{Cs}$  в среднем за годы исследования 715  $\text{кБк/м}^2$ . В краткосрочных опытах на дерново-подзолистой песчаной почве показатели почвенного плодородия следующие:  $\text{pH}_{\text{KCl}}$  5,7-5,9, гумус 1,3-1,5 %,  $\text{P}_2\text{O}_5$  350-380 мг/кг,  $\text{K}_2\text{O}$  70-110 мг/кг и плотность загрязнения  $^{137}\text{Cs}$  в среднем за годы исследования 850  $\text{кБк/м}^2$ , а на дерново-подзолистой супесчаной почве –  $\text{pH}_{\text{KCl}}$  5,5-5,8, гумус 1,5-1,7 %,  $\text{P}_2\text{O}_5$  156-180 мг/кг,  $\text{K}_2\text{O}$

90-120 мг/кг и плотность загрязнения  $^{137}\text{Cs}$  в среднем за годы исследования 238  $\text{кБк/м}^2$ . На долю исследуемых почв приходится 84,8 тыс. га, или 33,4 % от всех почв сенокосов Брянской области [18].

Агротехника кормовых культур общепринятая для зоны, виды кормовых культур и дозы минерального удобрения представлены в таблице 2. В качестве удобрений применяли суперфосфат простой гранулированный и хлористый калий. Уборку урожая проводили для культур семейства мятликовые в фазе цветения, семейства бобовые – в фазе сизо-блестящего боба.

Удельную активность  $^{137}\text{Cs}$  растительных образцов измеряли на универсальном спектрометрическом комплексе «Гамма Плюс» (Россия), основная погрешность измерений не более 10%. Измерения проводили в центре коллективного пользования научным оборудованием при Брянском ГАУ.

Кратность снижения  $^{137}\text{Cs}$  рассчитывали как отношение удельной активности  $^{137}\text{Cs}$  в кормах, возделываемых без применения минерального удобрения, к удельной активности  $^{137}\text{Cs}$  в кормах, полученных с применением удобрения.

Коэффициент перехода  $^{137}\text{Cs}$  (КП) определяли как отношение удельной активности  $^{137}\text{Cs}$  корма ( $\text{Бк/кг}$ ) к плотности загрязнения  $^{137}\text{Cs}$  почвы ( $\text{кБк/м}^2$ ):

$$\text{КП} = \text{Бк/кг} : \text{кБк/м}^2.$$

Удельную активность молока рассчитывали как произведение суточного поступления корма (5 кг сена), удельной активности  $^{137}\text{Cs}$  корма и равновесного коэффициента перехода радионуклида в продукцию животноводства [19].

Полученные данные подвергали статистической обработке с использованием компьютерного программного обеспечения Excel 7.0, коэффициент вариации (V, %) определяли по Б.А. Доспехову [20].

Анализировали содержание  $^{137}\text{Cs}$  в соответствии с регламентом «Ветеринарные правила и нормы» ВП 13.5.13/09-00 [21], допустимый уровень его содержания – 400  $\text{Бк/кг}$ , так как экспериментальные исследования проводили до 2017 г.

**Результаты и их обсуждение.** Радиологическая обстановка на заливных лугах юго-запада Брянской области не позволяет получать нормативно безопасные грубые корма. Превышение допустимого содержания  $^{137}\text{Cs}$  (400  $\text{Бк/кг}$ ) в зависимости от вида мятликовой травы варьировало от 5,8 до 7,3 раз. Возделывание кормовых культур в полевых условиях на дерново-подзолистых почвах легкого гранулометрического состава позволяет получать грубые корма с нормативным содержанием  $^{137}\text{Cs}$ . Исключение составило возделывание люпина желтого, в воздушно-сухой массе которого допустимый уровень содержания  $^{137}\text{Cs}$  был превышен в 1,7 раза, также наблюдали более высокое содержание  $^{137}\text{Cs}$  в люцерне изменчивой в сравнении с мятликовыми травами, превышение содержания  $^{137}\text{Cs}$  было до 1,7 раз. По результатам исследований установлено, что в условиях полевого кормопроизводства на радиоактивно загрязненных территориях при возделывании бобовых культур должен быть постоянный мониторинг содержания радионуклидов (табл. 2).

Кормовые культуры центральной поймы по аккумуляции  $^{137}\text{Cs}$  расположились в следующий возрастающий ряд: двукошачник тростниковый, овсяница луговая, ежа сборная. При полевом кормопроизводстве кормовые культуры, возделываемые на дерново-подзолистой песчаной почве, расположились в следующий возрастающий

ряд: суданская трава, овес, просо, райграсс однолетний, люпин желтый, а на дерново-подзолистой супесчаной почве – тимopheевка луговая, кострeц безостый, люцерна изменчивая.

## 2. Удельная активность $^{137}\text{Cs}$ грубых кормов из кормовых культур, Бк/кг

из кормовых культур, Восток					
Вариант	Ежа сборная		Овсяница луговая	Двукосточник тростниковый	
Пойменная дерновая оглеенная почва (среднее за 2009-2011 г.)					
Без удоб- рения (контроль)	2936		2851	2333	
P <sub>60</sub> K <sub>45</sub>	441		461	436	
P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	358		342	377	
V, %	118		116	106	
Дерново-подзолистая песчаная почва (среднее за 2011-2013 г.)					
Вариант	Люпин желтый	Овес	Райграс однолетний	Суданская трава	Просо
Без удоб- рения (контроль)	678	289	342	244	328
K <sub>180</sub>	354	170	241	189	202
K <sub>210</sub>	274	122	144	131	125
V, %	49	44	41	30	47
Дерново-подзолистая супесчаная почва (среднее за 2013-2015 г.)					
Вариант	Люцерна изменчивая		Кострец безостый	Тимофеевка луговая	
Без удоб- рения (контроль)	362		225	217	
P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	155		116	103	
P <sub>60</sub> K <sub>75</sub>	138		85	98	
P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	128		75	73	
P <sub>60</sub> K <sub>105</sub>	96		62	63	
V, %	61		59	56	

Применение фосфорно-калийного и калийного минерального удобрения при луговом и полевом кормопроизводстве на радиоактивно загрязненной территории ведет к получению грубых кормов, отвечающих нормативному требованию по содержанию в них  $^{137}\text{Cs}$ .

Вне зависимости от почвенных условий, радиологической обстановки территории и видового состава кормовой культуры наблюдали тенденцию к снижению удельной активности  $^{137}\text{Cs}$  корма при увеличении доз калийного удобрения. Аналогичные данные в других почвенно-климатических условиях получили ученые России, Украины и Республики Беларусь [22-24].

Для оценки роли минерального удобрения в изменении удельной активности  $^{137}\text{Cs}$  грубого корма использовали коэффициент вариации, который показывает изменчивость этого показателя. Установлено, что используемые минеральные удобрения значительно ( $V > 20\%$ ) изменяют удельную активность  $^{137}\text{Cs}$  корма, что показывает значимость калийного удобрения в производстве кормов на радиоактивно загрязненных территориях.

Анализируя изменения коэффициента вариации в зависимости от почвенных условий, радиологической обстановки территории и видового состава кормовой культуры обнаружили, что на заливных лугах коэффициент больше, чем в полевых агроценозах. Это говорит о более эффективном действии минерального удобрения на заливных лугах в снижении аккумуляции  $^{137}\text{Cs}$  в корме.

При этом, если сравнить ряды возрастания аккумуляции  $^{137}\text{Cs}$  в кормовых культурах и изменчивости этого показателя в зависимости от применения минерального удобрения, то обнаружим, что на заливных лугах совпадают аккумуляция и отзывчивость культуры на минеральные удобрения, в полевых агроценозах аналогичное

наблюдали на супесчаной почве при плотности загрязнения 240 кБк/м<sup>2</sup>.

Проведя корреляционный анализ удельной активности  $^{137}\text{Cs}$  воздушно-сухого вещества кормовых культур и возрастающих доз калийного удобрения, установили, что коэффициент корреляции действия калийного удобрения на удельную активность  $^{137}\text{Cs}$  – отрицательный. С повышением доз калийного удобрения накопление  $^{137}\text{Cs}$  в продукции, получаемой с кормовых угодий, снижается.

Зависимость между возрастающими дозами минерального удобрения и удельной активностью  $^{137}\text{Cs}$  грубых кормов показана ниже.

Кормовая культура	Коэффициент корреляции
<i>От <math>K_{45}</math> до <math>K_{60}</math> по фону <math>P_{60}</math> (<math>n = 9</math>)</i>	
Ежа сборная	-0,96
Овсяница луговая	-0,87
Двукосточник тростниковый	-0,81
<i>От <math>K_0</math> до <math>K_{210}</math> (<math>n = 9</math>)</i>	
Люпин желтый	-0,77
Овес	-0,48
Райграсс однолетний	-0,52
Суданская трава	-0,54
Просо	-0,80
<i>От <math>K_{60}</math> до <math>K_{105}</math> по фону <math>P_{60}</math> (<math>n = 5</math>)</i>	
Люцерна изменчивая	-0,97
Кострeц безостый	-0,96
Тимopheевка луговая	-0,97

В исследованиях установлено, что снижение удельной активности  $^{137}\text{Cs}$  грубых кормов под действием калийного удобрения зависит от биологических особенностей конкретной кормовой культуры, что подтверждает корреляционный анализ. Установлена средняя корреляционная связь ( $0,30 < r < 0,70$ ) возрастающих доз калийного удобрения в снижении удельной активности  $^{137}\text{Cs}$  воздушно-сухой массы овса, райграсса, суданки. Коэффициент корреляции ( $r$ ) составлял от – 0,48 до –0,54. Сильную корреляционную связь ( $r > 0,70$ ) между возрастающими дозами калийного удобрения и удельной активностью  $^{137}\text{Cs}$  воздушно-сухой массы наблюдали на кормовых культурах: ежа сборная, овсяница луговая, двукосточник тростниковый, люпин желтый, просо, люцерна изменчивая, кострeц безостый, тимopheевка луговая.

В научной литературе крайне мало данных о переходе радионуклидов в продукцию кормопроизводства на легких почвах разного генезиса в отдаленный период после аварии на ЧАЭС в зависимости от применения минерального удобрения.

Актуально определение количественных параметров перехода радионуклидов в продукцию кормопроизводства в зависимости от биологических особенностей кормовых культур и уровня применения калийного удобрения. В наших полевых исследованиях установлено, что максимальный переход  $^{137}\text{Cs}$  из почвы в продукцию кормопроизводства от 3,26 до 4,11 Бк/кг: кБк/м<sup>2</sup> происходил в условиях заливного луга. Переход  $^{137}\text{Cs}$  из почвы в продукцию кормопроизводства в условиях полевого агроценоза был в разы меньше. При этом наибольший переход радионуклида наблюдали на культурах семейства бобовые (табл. 3).

Применение фосфорно-калийного и калийного минерального удобрения при луговом и полевом кормопроизводстве на радиоактивно загрязненной террито-

рии ведет к снижению перехода  $^{137}\text{Cs}$  из почвы в продукцию кормопроизводства.

### 3. Радиоэкологические показатели кормопроизводства на территории юго-запада Брянской области

Горный юго-запад Брянской области					
Вариант	Ежа сборная	Овсяница луговая	Двукосточник тростниковый		
Пойменная дерновая оглеенная почва (среднее за 2009-2011 г.)					
Без удобрения (контроль)	<u>4,11</u> —	<u>3,99</u> —	<u>3,26</u> —		
Р <sub>60</sub> К <sub>45</sub>	<u>0,62</u>	<u>0,64</u>	<u>0,64</u>		
	6,66	6,18	5,35		
Р <sub>60</sub> К <sub>60</sub>	<u>0,50</u>	<u>0,48</u>	<u>0,53</u>		
	8,20	8,34	6,19		
Дерново-подзолистая песчаная почва (среднее за 2011-2013 г.)					
Вариант	Люпин желтый	Овес	Райграс однолетний	Суданская травка	Просо
Без удобрения (контроль)	<u>0,80</u> —	<u>0,34</u> —	<u>0,40</u> —	<u>0,29</u> —	<u>0,39</u> —
К <sub>180</sub>	<u>0,42</u>	<u>0,20</u>	<u>0,28</u>	<u>0,22</u>	<u>0,24</u>
	1,92	1,70	1,42	1,29	1,62
К <sub>210</sub>	<u>0,32</u>	<u>0,14</u>	<u>0,17</u>	<u>0,15</u>	<u>0,15</u>
	2,47	2,37	2,38	1,86	2,62
Дерново-подзолистая супесчаная почва (среднее за 2013-2015 г.)					
Вариант	Люцерна изменчивая	Кострец безостый	Тимофеевка луговая		
Без удобрения (контроль)	<u>1,51</u> —	<u>0,94</u> —	<u>0,90</u> —		
Р <sub>60</sub> К <sub>60</sub>	<u>0,65</u>	<u>0,48</u>	<u>0,43</u>		
	2,34	1,94	2,11		
Р <sub>60</sub> К <sub>75</sub>	<u>0,58</u>	<u>0,35</u>	<u>0,41</u>		
	2,62	2,65	2,21		
Р <sub>60</sub> К <sub>90</sub>	<u>0,53</u>	<u>0,31</u>	<u>0,30</u>		
	2,83	3,00	2,97		
Р <sub>60</sub> К <sub>105</sub>	<u>0,40</u>	<u>0,26</u>	<u>0,26</u>		
	3,77	3,63	3,44		

*Примечание.* Числитель – коэффициент перехода, Бк/кг : кБк/м<sup>2</sup>; знаменатель – кратность снижения, раз.

Действие калийного удобрения на кратность снижения удельной активности  $^{137}\text{Cs}$  грубого корма качественно не различается. Происходило уменьшение удельной активности с увеличением доз внесения калия в почву. При этом количественно снижение зависит от генезиса почвы, рельефа и биологических особенностей культуры.

Основным источником поступления радиоактивных веществ в организм сельскохозяйственных животных является корм (более 90 %). Основу его составляют растения, и в значительно меньшей степени – вода [25]. К сожалению, набор приемов, способствующих уменьшению перехода радионуклидов из корма и воды в продукты животноводства, весьма ограничен. Практически он сводится к двум мероприятиям: правильному составлению рационов и включению в рацион добавок и препаратов, препятствующих такому переходу [26]. Поэтому ограничение перехода радионуклидов в системе почва → растение (корм) является важнейшим мероприятием по повышению производства нормативно безопасной продукции животноводства (молока) [27].

Плотность загрязнения  $^{137}\text{Cs}$  территории исследования различалась: наибольшая она на пойменной и дерново-подзолистой песчаной почвах, соответственно, в среднем 715 и 850 кБк/м<sup>2</sup>. Установлено, что использовать пойменный луг для сенокоса без применения защитных мероприятий недопустимо, так как поедание грубого корма с таких угодий животными приводит к получению продукции животноводства, не отвечающей

допустимому уровню содержания  $^{137}\text{Cs}$  в молоке (100 Бк/л) [28]. Использование полевого агроценоза для кормопроизводства разрешено (табл. 4).

### 4. Модель перехода $^{137}\text{Cs}$ из грубых кормов в молоко, Бк/л

4. Модель перехода с питательных кормов в молоко, кг/кг					
Вариант	Ежа сборная		Овсяница луговая	Двукосточник тростниковый	
Пойменная дерновая оглеенная почва (среднее за 2009-2011 г.)					
Без удобрения (контроль)					
	147		143	117	
P <sub>60</sub> K <sub>45</sub>	22		23	22	
P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	18		17	19	
Дерново-подзолистая песчаная почва (среднее за 2011-2013 г.)					
Вариант	Люпин желтый	Овес	Райграс однолетний	Суданская трава	Просо
Без удобрения (контроль)					
	34	14	17	12	16
K <sub>180</sub>	18	9	12	9	10
K <sub>210</sub>	14	6	7	7	6
Дерново-подзолистая супесчаная почва (среднее за 2013-2015 г.)					
Вариант	Люцерна изменчивая	Кострец безостый	Тимофеевка луговая		
Без удобрения (контроль)					
	18	11	11		
P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	8	6	5		
P <sub>60</sub> K <sub>75</sub>	7	4	5		
P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	6	4	4		
P <sub>60</sub> K <sub>105</sub>	5	3	3		

Применение калийного удобрения в дозах, предусмотренных программой исследования, на пойменном лугу способствует уменьшению перехода  $^{137}\text{Cs}$  из почвы в продукцию кормопроизводства, и вследствие этого снижению его содержания в продукции животноводства до допустимого уровня 17-23 Бк/кг.

Установлено, что в отдаленный период после аварии на ЧАЭС остаётся вероятность получения продукции животноводства с превышением допустимого уровня содержания  $^{137}\text{Cs}$ , особенно на заливных лугах.

**Вывод.** В отдаленный период после аварии на Чернобыльской АЭС при использовании радиоактивно загрязненной территории юго-запада Брянской области для лугового и полевого кормопроизводства необходимо подбирать кормовые культуры с наименьшим накоплением  $^{137}\text{Cs}$  в воздушно-сухой массе. Исследования показали, что на заливных лугах необходимо возделывать двукосточник тростниковый, в полевых агроценозах – тимофеевку луговую и суданскую траву.

Основным фактором снижения удельной активности  $^{137}\text{Cs}$  грубых кормов служат калийные удобрения, которые существенно влияли на изменчивость удельной активности  $^{137}\text{Cs}$  корма.

Переход  $^{137}\text{Cs}$  в грубые корма зависел от биологических особенностей кормовых культур, уровня применения калийного удобрения и почвенных условий. Установлено, что максимальный переход  $^{137}\text{Cs}$  из почвы от 3,26 до 4,11 Бк/кг : кБк/м<sup>2</sup> происходил в условиях заливного луга, где он был в разы меньше, чем в полевом агроценозе. При этом бобовые кормовые культуры в большей степени накапливали радионуклид.

В настоящее время сохраняется вероятность получения продукции животноводства с содержанием  $^{137}\text{Cs}$  выше норматива при использовании пойменных лугов с плотностью загрязнения  $^{137}\text{Cs}$  больше 850 кБк/м<sup>2</sup>. При этом применение калийного удобрения позволяет возвращать кормовые угодья в сельскохозяйственный оборот.

## Литература

1. Трофимов И.А. Управление агроландшафтами и повышение продуктивности и устойчивости сельскохозяйственных земель / И.А. Трофимов, Л.С. Трофимова, Е.П. Яковлева, Т.М. Лебедева // Земледелие. – 2009. – № 6. – С. 13-15.
2. Косолапов В.М. Лугопастбищные экосистемы в биосфере и сельском хозяйстве России / В.М. Косолапов, И.А. Трофимов, Л.С. Трофимова, Е.П. Яковлева // Кормопроизводство. – 2011. – № 3. – С. 5-8
3. Чирков Е.П. Система ведения кормопроизводства в условиях инновационного развития / Е.П. Чирков, А.В. Дронов, Н.А. Ларетин // АПК: регионы России. – 2012. – № 9. – С. 36-42.
4. Совещание по развитию сельского хозяйства Центрального Нечерноземья // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. – 2016. – №8. – С. 2-9.
5. Алексахин Р.М. Реабилитационные мероприятия в агропромышленном комплексе как основа социально-экономического развития территорий, подвергшихся воздействию аварии на Чернобыльской АЭС / Р.М. Алексахин, Н.И. Санжарова, А.В. Панов // Вестник РАСХН. – 2009. – № 6. – С. 28-30.
6. Атлас современных и прогнозных аспектов последствий аварии на Чернобыльской АЭС на пострадавших территориях России и Беларуси (АСПА Россия – Беларусь) / Под ред. Ю.А. Изразля и И.М. Богдевича. – Москва-Минск: Фонд «Инфосфера», НИИ-Природа, 2009. – 140 с.
7. Шаповалов В.Ф. Разработка комплекса мероприятий по коренному улучшению естественных кормовых угодий, загрязненных радионуклидом цезий-137 / В.Ф. Шаповалов, В.Г. Плющиков, Н.М. Белоус, А.А. Курганов // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. – 2014. – № 1. – С. 13-20.
8. Белоус Н.М. Вероятность получения молока и кормов, не соответствующих допустимым уровням содержания  $^{137}\text{Cs}$  на территории юго-запада Брянской области в отдаленный период после аварии на Чернобыльской АЭС / Н.М. Белоус, П.В. Прудников, А.М. Щеглов, Е.В. Смольский, И.Н. Белоус, А.Л. Силаев // Радиация и риск. – 2019. – Т. 28. – № 3. – С. 36-46.
9. Панов А.В. Радиоэкологическая оценка сельскохозяйственных земель и продукции юго-западных районов Брянской области, загрязненных радионуклидами в результате аварии на Чернобыльской АЭС / А.В. Панов, П.В. Прудников, И.Е. Титов, В.В. Кречетников, А.Н. Ратников, О.А. Шубина // Радиационная гигиена. – 2019. – Т. 12. – № 1. – С. 25-35.
10. Панов А.В. Оценка и прогноз уровней загрязнения  $^{137}\text{Cs}$  сельскохозяйственных угодий юго-западных районов Брянской области, подвергшихся воздействию от аварии на Чернобыльской АЭС / А.В. Панов, Е.В. Гордиенко, П.В. Прудников // Агрохимический вестник. – 2016. – № 5. – С. 9-14.
11. Prosyannikov E.V. Specific ecological features of  $^{137}\text{Cs}$  behavior in river floodplains / E.V. Prosyannikov, A.L. Silaev, I.A. Koshelev // Russian Journal of Ecology. – 2000. – V. 31. № 2. – P. 132-135.
12. Корнев В.Б. Урожайность кормовых и зерновых культур, и накопление  $^{137}\text{Cs}$  в зависимости от внесения возрастающих доз калийных удобрений / В.Б. Корнев, Л.А. Воробьева, И.Н. Белоус // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. – 2013. – № 5. – С. 3-6.
13. Цыбулько Н.Н. Почвенно-радиоэкологическое районирование радиоактивно загрязненных сельскохозяйственных земель Беларуси и России / Н.Н. Цыбулько, А.В. Панов, И.Е. Титов, В.В. Кречетников // Радиация и риск. – 2020. – Т. 29. – № 2. – С. 115-127.
14. Алексахин Р.М. Мероприятия в области земледелия и агрохимии при реабилитации радиоактивно загрязненных территорий / Р.М. Алексахин // Плодородие. – 2016. – № 5. – С. 32-34.
15. Шаповалов В.Ф. Продуктивность одновидовых и смешанных посевов многолетних трав, возделываемых в условиях радиоактивного загрязнения / В.Ф. Шаповалов, Н.М. Белоус, Г.П. Малявко, Л.П. Харкевич, О.А. Меркелов // Кормопроизводство. – 2015. – № 5. – С. 17-21.
16. Панов А.В. Методология оценки рисков для агроэкосистем в условиях техногенного загрязнения / А.В. Панов, Т.В. Переволоцкая // Сельскохозяйственная биология. – 2020. – Т. 55. – № 3. – С. 468-480.
17. Природное районирование и типы сельскохозяйственных земель Брянской области. – Брянск, 1975. – 611 с.
18. Воробьев Г.Т. Почвы Брянской области / Г.Т. Воробьев. – Брянск: Грани, 1993. – 160 с.
19. Фокин А.Д. Сельскохозяйственная радиология / А.Д. Фокин, А.А. Лурье, С.П. Трошин. – СПб.: Лань, 2011. – 416 с.
20. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
21. Ветеринарно-санитарные требования к радиационной безопасности кормов, кормовых добавок, сырья кормового. Допустимые уровни содержания радионуклидов  $^{90}\text{Sr}$  и  $^{137}\text{Cs}$ . Ветеринарные правила и нормы. ВП 13.5.13/06-01 // Ветеринарная патология. – 2002. – №4. – С. 44-45.
22. Пристер Б.С. Проблема применения контрмер в сельском хозяйстве Украины после аварии на Чернобыльской АЭС / Б.С. Пристер, Ю.А. Иванов, Л.В. Перепелятчикова // Вестник аграрной науки. – 1996. – №4. – С. 74-81.
23. Богдевич И.М. Защитные агрохимические мероприятия в АПК Республики Беларусь / И.М. Богдевич, А.Г. Подольяк, И.Д. Шмигельская // Агрохимический вестник. – 2006. – № 2. – С. 13-19.
24. Харкевич Л.П. Воздействие агротехнических и агрохимических мероприятий на урожайность многолетних трав и плодородие почвы / Л.П. Харкевич, Н.М. Белоус, Е.В. Смольский, С.Ф. Чесалин // Плодородие. – 2013. – № 4. – С. 25-27.
25. Гамко Л.Н. Качественные корма – путь к получению высокой продуктивности животных и птицы и экологически безопасной продукции / Л.Н. Гамко, В.Е. Подольников, И.В. Малявко, Г.Г. Нуриев, А.Т. Мысик // Зоотехния. – 2016. – № 5. – С. 6-7.
26. Губарева О.С. Потребность в ферроцинсодержащих препаратах для производства молока и мяса, соответствующего санитарно-гигиеническим нормативам, в отдаленный период после аварии на Чернобыльской АЭС / О.С. Губарева, П.В. Прудников, П.Н. Цыгвинцев, Е.Н. Алешкина, Н.Н. Исамов // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. – 2018. – № 4 (68). – С. 46-51.
27. Панов А.В. Радиологический контроль продукции животноводства и кормопроизводства юго-западных районов Брянской области, подвергшихся воздействию аварии на ЧАЭС / А.В. Панов, Н.Н. Исамов, Н.И. Санжарова, Ю.А. Рыбалко // Проблемы ветеринарной санитарии, гигиены и экологии. – 2015. – № 4. – С. 91-99.
28. Гигиенические требования к безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов: Санитарно-эпидемиологические правила и нормы СанПиН 2.3.2.1078-01. – М.: Минздрав РФ, 2002. – 164 с.

## RADIOECOLOGICAL ASSESSMENT OF POTASH FERTILIZERS IN FODDER PRODUCTION IN A DISTANT PERIOD AFTER THE CHERNOBYL ACCIDENT

S.F. Chesalin, V.F. Shapovalov, Malyavko G.P., Smolsky E.V. Kharkevich L.P., FSBEI HE Bryansk SAU  
243365, Russia, Bryansk region., Vygonichsky district, with. Kokino, st. Sovetskaya 2a.

*In conditions of radioactive contamination, the main factor in reducing the transition of  $^{137}\text{Cs}$  from soil to fodder crops is the use of potash fertilizer, the effect of which on changing the radioecological state of the territory in the distant period after the Chernobyl accident is not sufficiently studied, therefore, the purpose of the research is to establish the role of potash in the production of feed with an acceptable  $^{137}\text{Cs}$  content on various soils. The studies were carried out in experiments with the cultivation of fodder crops in the south-west of the Bryansk region on floodplain sod stubble sandy, sod-podzolic sandy and sandy sandy soil. The smallest accumulation of  $^{137}\text{Cs}$  in the air-dry mass was established in flood meadows when cultivating a double-brush reed, in field agrocenoses – timothy meadow and Sudanese grass. Potash fertilizers significantly influenced the variability in the specific activity of  $^{137}\text{Cs}$  feed. The transition of  $^{137}\text{Cs}$  to coarse feed depended on the biological features of fodder crops and the level of use of potash fertilizer and soil conditions, we found that the maximum transition of  $^{137}\text{Cs}$  from soil from 3.26 to 4.11 Bq/kg: kBq/m<sup>2</sup> occurred in the conditions of flooded meadow, which was many times less than in field agrocenosis, while legume fodder crops to a greater extent accumulated radionuclide. Currently, there remains a risk of production of livestock products, with a content of  $^{137}\text{Cs}$  above the standard, when using floodplain meadows with a pollution density of  $^{137}\text{Cs}$  more than 850 kBq/m<sup>2</sup>, while the use of potash fertilizer allows returning fodder lands to agricultural circulation.*

**Keywords:** flood meadow, field agrocenosis, radioactive contamination, fodder production, potash fertilizers, specific activity of  $^{137}\text{Cs}$ .