

УДК 574.4:633.2

UDC 574.4:633.2

## ВЛИЯНИЕ КАЛИЙНОГО ПИТАНИЯ НА ПОСТУПЛЕНИЕ $^{137}\text{Cs}$ В МНОГОЛЕТНИЕ ТРАВЫ НА ДЕГРАДИРОВАННОЙ ТОРФЯНО-МИНЕРАЛЬНОЙ ПОЧВЕ

## EFFECTS OF POTASSIUM NUTRITION ON THE COLLECTION OF $^{137}\text{Cs}$ IN PERENNIAL GRASSES ON DEGRADED PEAT-MINERAL SOIL

**И. И. Жукова,**

*кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры общей биологии и ботаники БГПУ;*

**Н. Н. Цыбулько,**

*кандидат сельскохозяйственных наук, заместитель начальника департамента по ликвидации последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС;*

**А. В. Шашко,**

*младший научный сотрудник Брестского филиала РНИУП «Институт радиологии»*

**I. Zhukova,**

*Candidate of Agricultural Sciences, Associate professor of the Department of general biology and botany, BSPU;*

**N. Tsybulko,**

*Candidate of Agricultural Sciences, Deputy Head of the Department for liquidation of consequences of the Catastrophe on the Chernobyl NPP*

**A. Shashko,**

*Junior Researcher RRUE Brest branch of «Institute of Radiology»*

Поступила в редакцию 23.12.16.

Received on 23.12.16.

В статье представлены результаты изучения влияния возрастающих доз калийных удобрений на аккумуляцию  $^{137}\text{Cs}$  многолетними травами на деградированной торфяно-минеральной почве. Установлено, что в зависимости от метеорологических условий вегетационного периода различия в параметрах накопления  $^{137}\text{Cs}$  в растениях могут достигать 3,6 раза. При содержании в почве подвижного фосфора 737 и подвижного калия 665 мг/кг почвы внесение фосфорных удобрений в дозе 90 кг/га и калийных удобрений в дозах от 120 до 240 кг/га обеспечивает снижение коэффициента перехода  $^{137}\text{Cs}$  в многолетние травы на 32–64 %.

*Ключевые слова:* активность, коэффициент перехода,  $^{137}\text{Cs}$ , калий, калийные удобрения, торфяно-минеральная почва.

The article presents the results of studying the effect of increasing rates of potassium fertilizers on accumulation  $^{137}\text{Cs}$  perennial grasses on degraded peat-mineral soil. It is found that depending on the meteorological conditions in the growing season differences parameters  $^{137}\text{Cs}$  accumulation in plants can reach up to 3.6 times. The content of soil available phosphorus and 737 and mobile potassium 665 mg/kg of soil phosphorus fertilization at a rate of 90 kg/ha of potash in rates of 120 to 240 kg/ha reduces the coefficient of  $^{137}\text{Cs}$  transition to perennial grasses to 32–64%.

*Keywords:* activity, transfer factor,  $^{137}\text{Cs}$ , potassium, potash, peat-mineral soil.

**Введение.** Многочисленными исследованиями установлено, что генетические особенности почв оказывают существенное влияние на процессы сорбции радионуклидов и интенсивность перехода их в растения. В зависимости от свойств почв содержание обменной формы радионуклидов варьирует от 9 до 40 % для  $^{137}\text{Cs}$  и от 64 до 93 % – для  $^{90}\text{Sr}$  [1].

На территории радиоактивного загрязнения в составе сельскохозяйственных земель

значительные площади занимают торфяно-болотные почвы. Вследствие длительного и интенсивного сельскохозяйственного использования возникла проблема трансформации агроландшафтов с органогенными почвами. В структуре почвенного покрова мелиорированных земель появились новые разновидности торфяных почв с уменьшающимся содержанием органического вещества. В результате эти земли стали представлять собой сложные почвенные комби-

нации, различающиеся водно-воздушным режимом, содержанием органического вещества и другими свойствами [2]. На месте торфяных почв образовались антропогенно-преобразованные почвы, которые согласно классификации отнесены к деградированным почвам разной степени минерализации [3].

В настоящее время площади деградированных торфяно-минеральных почв составляют около 190,2 тыс. га, ежегодно увеличиваются и по прогнозу в перспективе могут достигнуть 350 тыс. га и более [4]. По уровню содержания органического вещества, водно-физическим и агрохимическим свойствам эти почвы значительно отличаются как от торфяных, так и от минеральных почв [5].

Органогенные почвы отличаются от минеральных более высокими параметрами поступления радионуклидов в растения и являются наиболее критичными для получения сельскохозяйственной продукции с допустимым содержанием радионуклидов. Высокие показатели миграции радионуклидов в растения на этих почвах обусловлены особенностями их морфологического и генетического строения, водно-физическими и агрохимическими свойствами. Из-за повышенной адсорбционной способности органического вещества и емкости катионного обмена, низкого отрицательного поверхностного заряда этих почв значительное количество веществ, в том числе и радионуклидов, удерживается в доступных для растений формах. Ведущим механизмом взаимодействия радионуклидов с почвой является ионный обмен, а основную роль играют фульво- и гуминовые кислоты, находящиеся в почвенном растворе [6; 7].

Применение калийных удобрений является основным агрохимическим приемом, снижающим поступление  $^{137}\text{Cs}$  в сельскохозяйственные культуры. На почвах разного генезиса под влиянием калия поступление  $^{137}\text{Cs}$  в растения может уменьшаться от 2 до 20 раз [8]. Положительная роль его возрастает на фоне оптимальных параметров минерального питания растений [9].

Снижение перехода радионуклидов в растения при внесении калийных удобрений существенно зависит от исходной обеспеченности почвы подвижным калием [10]. Установлено, что уровень содержания подвижного калия в почве, превышение которого не снижает накопление  $^{137}\text{Cs}$  в полевых культурах, составляет 240–260 мг/кг почвы.

Внесение высоких доз калийных удобрений (180–240 кг/га) на слабообеспеченных почвах (150 мг/кг почвы) снижает в 1,5–2,7 раза содержание  $^{137}\text{Cs}$ . На почвах с повышенным (250 мг/кг почвы) и высоким (350 мг/кг почвы) содержанием подвижного калия внесение повышенных доз калийных удобрений малоэффективно [11].

Для прогнозирования поступления радионуклидов из почвы в растения используют такой показатель, как коэффициент перехода ( $K_n$ ) – отношение удельной активности радионуклида в растениях к плотности загрязнения почвы на единицу площади (Бк/кг : кБк/м<sup>2</sup>). В международных публикациях используется аналогичный показатель – Aggregated transfer factor ( $T_{ag}$ ) [12]. С целью прогноза загрязнения радионуклидами продукции сельскохозяйственных культур разработаны усредненные  $K_n$  для основных типов почв, в том числе для торфяно-болотных [13]. В то же время для деградированных торфяно-минеральных почв эти показатели отсутствуют, что не позволяет прогнозировать накопление радионуклидов в растениеводческой продукции, определить дозы калийных удобрений (как защитной меры), обеспечивающие минимальное накопление радионуклидов в продукции сельскохозяйственных культур.

Цель настоящей работы – изучить влияние возрастающих доз калийных удобрений и обеспеченности деградированной торфяно-минеральной почвы подвижным калием на поступление  $^{137}\text{Cs}$  в сено многолетних бобово-злаковых трав.

**Материалы и методы.** Исследования проводили в стационарных полевых опытах на территории землепользования Государственного предприятия «Новое Полесье» Лунинецкого района Брестской области. Объектом исследования являлась деградированная торфяно-минеральная почва, подстилаемая с глубины 40–45 см песком. Агрохимические показатели пахотного (0–25 см) слоя почвы следующие (средние значения): органическое вещество – 53,1 %; общий азот – 1,54 %; рН в KCl – 5,44; подвижные формы (в 0,2 М HCl)  $\text{P}_2\text{O}_5$  – 737 и  $\text{K}_2\text{O}$  – 665 мг/кг почвы.

Почва относится согласно градации [14] ко второй группе (1,0–4,9 Ки/км<sup>2</sup>) по степени загрязнения  $^{137}\text{Cs}$ . Плотность загрязнения колебалась от 4,1 до 4,7 Ки/км<sup>2</sup> (в среднем 4,3 Ки/км<sup>2</sup>).



Возделывали бобово-злаковую травосмесь, включающую тимopheевку луговую (6 кг/га), овсяницу луговую (6 кг/га), кострец безостый (6 кг/га) и лядвенец рогатый (5 кг/кг). Посев трав беспокровный.

Варианты опыта:

1. Без удобрений (контроль).
2.  $P_{90}K_{120}$  – под 1-й укос.
3.  $P_{90}K_{180}$  ( $K_{120}$  – под 1-й укос +  $K_{60}$  – под 2-й укос).
4.  $P_{90}K_{240}$  ( $K_{180}$  – под 1-й укос +  $K_{60}$  – под 2-й укос).

Размещение делянок в опыте рендомизированное. Повторность вариантов в опыте четырехкратная. Общая площадь делянки составляла 20 м<sup>2</sup>, учетная площадь – 12 м<sup>2</sup>.

Агрохимические показатели почв определяли по следующим методикам: органическое вещество – по Тюрину в модификации ЦИНАО по ГОСТ 26212–91 [15];  $pH_{KCl}$  – потенциометрическим методом по ГОСТ 26483–85 [16]; подвижные формы фосфора и калия – по ГОСТ 26207–91 [17]; общий азот – по ГОСТ 26107-84 [18].

Отбор проб почвы для определения содержания <sup>137</sup>Cs проводили согласно методике [19], подготовку почвенных и растительных проб – по методикам [20; 21]. Определение удельной активности <sup>137</sup>Cs (Бк/кг) в почвенных пробах выполняли на  $\gamma$ -спектрометре МКС-АТ1315, в растительных образцах – на  $\gamma$ -спектрометрическом комплексе «Canberra-Packard». Основная относительная погрешность измерений при доверительном интервале  $P = 95\%$  не превышала 15–30%. Аппаратурная ошибка измерений не превышала 15%. Плотность загрязнения почвы <sup>137</sup>Cs рассчитывали согласно методике [14]. Для количественной оценки поступления <sup>137</sup>Cs из почвы в растения рассчитывали коэффициент перехода ( $K_n$ ) – отношение удельной активности радионуклида

в растениях к плотности загрязнения почвы на единицу площади (Бк/кг : кБк/м<sup>2</sup>).

Полученные данные обрабатывали методами корреляционно-регрессионного и дисперсионного анализа с использованием компьютерного программного обеспечения (*Excel 7.0, Statistic 7.0*).

**Результаты и обсуждение.** В наших исследованиях накопление <sup>137</sup>Cs многолетними травами зависело от метеорологических условий вегетационных периодов, укосов и уровней применения калийных удобрений. При плотности загрязнения деградированной торфяно-минеральной почвы <sup>137</sup>Cs 4,3 Ки/км<sup>2</sup> содержание радионуклида колебалось по годам в варианте без применения удобрений (контроль) от 29,77 до 256,48 Бк/кг. По степени увлажнения 2012 и 2014 годы характеризовались как влажные – ГТК составили соответственно 1,66 и 2,02, а 2013 год был слабозасушливым – ГТК равен 1,16. Максимальные значения активности <sup>137</sup>Cs в растениях отмечались в наиболее влажном 2014 году.

Различия в активности <sup>137</sup>Cs в травах первого укоса достигали 1,4 раза, второго укоса – 3,6 раза, а между укосами – 8,6 раза. В целом за годы исследований удельная активность радионуклида в сене не превышала 350 Бк/кг при допустимом содержании 1300 Бк/кг для скармливания дойному поголовью и получения цельного молока (таблица 1).

Применение фосфорных и калийных удобрений под первый укос трав в дозах соответственно 90 и 120 кг/га действующего вещества ( $P_{90}K_{120}$ ), при содержании в почве  $P_2O_5$  737 и  $K_2O$  – 665 мг/кг почвы, снижало накопление <sup>137</sup>Cs по отношению к контролю в травах первого укоса от 20 до 43%, в травах второго укоса – от 29 до 40%, а в среднем – 30 и 34% соответственно.

**Таблица 1 – Удельная активность  $^{137}\text{Cs}$  в сене многолетних бобово-злаковых трав в зависимости от доз фосфорных и калийных удобрений, Бк/кг**

Варианты опыта	Годы			Среднее значение	Процент к контролю
	2012	2013	2014		
<i>Первый укос</i>					
1 Контроль	40,50±12,46	36,37±10,78	29,77±8,91	35,55	100
2 P <sub>90</sub> K <sub>120</sub>	23,26±10,14	29,13±8,57	23,11±6,93	25,17	71
3 P <sub>90</sub> K <sub>180</sub>	24,10±5,87	27,87±7,75	22,79±6,23	24,92	70
4 P <sub>90</sub> K <sub>240</sub>	12,67±5,52	17,17±5,57	17,60±5,28	15,81	44
<i>Второй укос</i>					
1 Контроль	71,36±21,48	123,52±37,54	256,48±76,94	150,45	100
2 P <sub>90</sub> K <sub>120</sub>	42,64±12,87	87,32±26,19	167,29±46,22	99,08	66
3 P <sub>90</sub> K <sub>180</sub>	37,63±11,57	63,39±19,02	99,77±29,93	66,93	44
4 P <sub>90</sub> K <sub>240</sub>	27,04±8,06	59,48±17,82	60,55±18,21	49,02	33

Подкормка трав под второй укос калием в дозе 60 кг/га на фоне P<sub>90</sub>K<sub>120</sub> (вариант 3) способствовала уменьшению содержания  $^{137}\text{Cs}$  в сене по отношению к контролю в среднем в 2,2 раза, по отношению к варианту с P<sub>90</sub>K<sub>120</sub> – в 1,5 раза. При внесении K<sub>60</sub> под второй укос на фоне P<sub>90</sub>K<sub>180</sub> (вариант 4) также наблюдалось снижение активности  $^{137}\text{Cs}$  в растениях по сравнению с вариантом 3 с 66,93 до 49,02 Бк/кг.

Расчеты коэффициентов перехода  $^{137}\text{Cs}$  из почвы в многолетние травы показали следующее. За годы исследований в зависимости от метеорологических условий вегетационных периодов различия в переходе  $^{137}\text{Cs}$  в травы первого укоса достигали

1,7 раза, второго укоса – 4,3 раза. На контрольном варианте коэффициент перехода изменялся по годам для трав первого укоса незначительно – 0,21–0,24 Бк/кг : кБк/м<sup>2</sup>, тогда как для второго укоса он варьировал от 0,47 до 1,57 Бк/кг : кБк/м<sup>2</sup>, в среднем составив соответственно 0,22 и 0,95 Бк/кг : кБк/м<sup>2</sup> (таблица 2).

Фосфорные и калийные удобрения в дозах соответственно 90 и 120 кг/га снизили параметры перехода  $^{137}\text{Cs}$  из почвы в травы первого и второго укосов на 27–34 %. При внесении под второй укос K<sub>60</sub> на фоне P<sub>90</sub>K<sub>120</sub> показатель перехода  $^{137}\text{Cs}$  из почвы в растения снизился с 0,63 до 0,43 Бк/кг : кБк/м<sup>2</sup>.

**Таблица 2 – Коэффициенты перехода  $^{137}\text{Cs}$  в сено многолетних бобово-злаковых трав в зависимости от доз фосфорных и калийных удобрений, Бк/кг : кБк/м<sup>2</sup>**

Варианты опыта	Годы			Среднее значение	Снижение к контролю, %
	2012	2013	2014		
<i>Первый укос</i>					
1 Контроль	0,21	0,24	0,21	0,22	–
2 P <sub>90</sub> K <sub>120</sub>	0,13	0,18	0,18	0,16	27
3 P <sub>90</sub> K <sub>180</sub>	0,14	0,16	0,17	0,16	27
4 P <sub>90</sub> K <sub>240</sub>	0,07	0,11	0,12	0,10	55
<i>Второй укос</i>					
1 Контроль	0,47	0,82	1,57	0,95	–
2 P <sub>90</sub> K <sub>120</sub>	0,26	0,52	1,12	0,63	34
3 P <sub>90</sub> K <sub>180</sub>	0,22	0,42	0,65	0,43	55
4 P <sub>90</sub> K <sub>240</sub>	0,16	0,39	0,39	0,31	67

Применение под первый укос  $P_{90}K_{180}$  и под второй укос  $K_{60}$  (вариант 4) уменьшило коэффициент перехода  $^{137}\text{Cs}$  по отношению к варианту 3 ( $P_{90}K_{180}$ ) в травы первого укоса с 0,16 до 0,10 Бк/кг : кБк/м<sup>2</sup>, в травы второго укоса – с 0,43 до 0,31 Бк/кг : кБк/м<sup>2</sup>.

В среднем за 3 года исследований коэффициент перехода  $^{137}\text{Cs}$  из деградированной торфяно-минеральной почвы в многолетние

бобово-злаковые травы составил 0,59 Бк/кг : кБк/м<sup>2</sup>. При внесении фосфора в дозе 90 кг/га и калия в дозах 120, 180 и 240 кг/га он снизился соответственно на 32, 49 и 64 % (рисунок 1).

В своих исследованиях мы попытались установить зависимости между коэффициентами перехода  $^{137}\text{Cs}$  в растения и продуктивностью многолетних трав (рисунок 2).

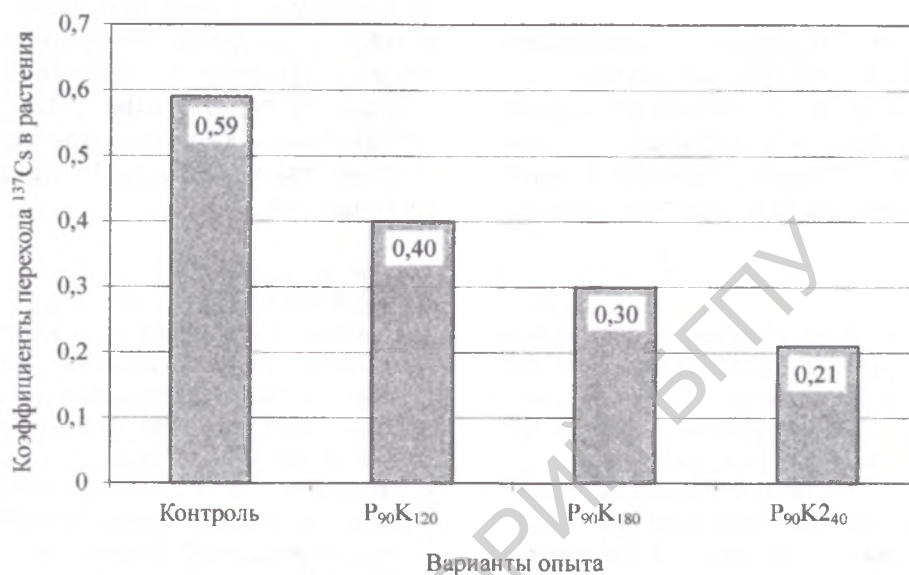


Рисунок 1 – Влияние уровней применения минеральных удобрений на коэффициент перехода  $^{137}\text{Cs}$  из почвы в многолетние бобово-злаковые травы

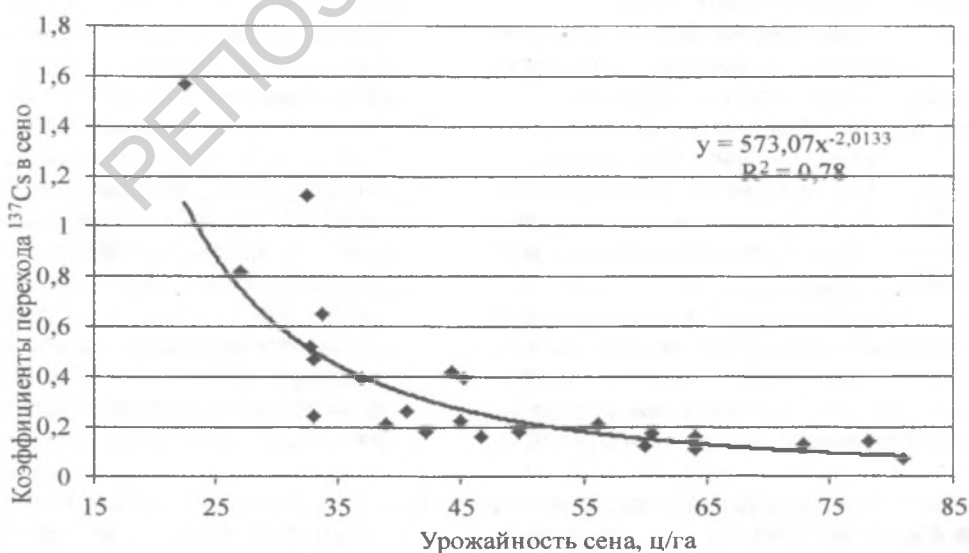


Рисунок 2 – Зависимость коэффициентов перехода  $^{137}\text{Cs}$  из почвы в многолетние бобово-злаковые травы от уровня их продуктивности



В результате статистической обработки 3-летних данных установлена тесная обратно пропорциональная зависимость коэффициентов перехода радионуклида из почвы в сено многолетних бобово-злаковых трав от уровня продуктивности. Величина достоверности аппроксимации ( $R^2$ ) составила 0,78. С повышением урожайности наблюдалось уменьшение параметра перехода  $^{137}\text{Cs}$  в растения.

**Заключение.** Результаты исследования позволили сделать следующие выводы:

1. В зависимости от метеорологических условий вегетационного периода различия в параметрах накопления  $^{137}\text{Cs}$  в многолетних бобово-злаковых травах достигают 3,6 раза.

2. На деградированной торфяно-минеральной почве с содержанием  $\text{P}_2\text{O}_5$  737 и  $\text{K}_2\text{O}$  – 665 мг/кг почвы внесение фосфорных удобрений в дозе 90 кг/га и калийных удобрений в дозах от 120 до 240 кг/га обеспечивает снижение перехода  $^{137}\text{Cs}$  в многолетние бобово-злаковые травы на 32–64 %.

3. Рекомендуется под многолетние бобово-злаковые травы при использовании их на корм для получения цельного молока и мяса в пределах республиканских допустимых уровней и уровней Таможенного Союза по содержанию  $^{137}\text{Cs}$  применение фосфорных и калийных удобрений в дозах соответственно 90 и 240 кг/га действующего вещества.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Сысоева, А. А. Экспериментальное исследование и моделирование процессов, определяющих подвижность  $^{90}\text{Sr}$  и  $^{137}\text{Cs}$  в системе почва – растение : автореф. дис. ... канд. биол. наук / А. А. Сысоева. – Обнинск : ВНИИСХРАЭ, 2004. – 29 с.
2. Мееровский, А. С. Система земледелия на мелиорированных антропогенно-преобразованных почвах / А. С. Мееровский, Д. Б. Даутина, А. В. Семенченко // Мелиорация переувлажненных земель. – 2004. – № 2 (52). – С.171–184.
3. Пригодность почв Республики Беларусь для возделывания отдельных сельскохозяйственных культур : рекомендации / В. В. Лапа [и др.]. – Минск : Ин-т почвоведения и агрохимии, 2011. – 64 с.
4. Почвы сельскохозяйственных земель Республики Беларусь : практ. пособие / под ред. Г. И. Кузнецова, Н. И. Смеяна. – Минск : Оргстрой, 2001. – 432 с.
5. Цытрон, Г. С. Антропогенно-преобразованные почвы Беларуси / Г. С. Цытрон. – Минск, 2004. – 124 с.
6. Путятин, Ю. В. Минимизация поступления радионуклидов  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в растениеводческую продукцию / Ю. В. Путятин. – Минск : Ин-т почвоведения и агрохимии, 2008. – 268 с.
7. Соколик, Г. А. Действие фульво- и гуминовых кислот на механизмы накопления радионуклидов  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  растительными клетками / Г. А. Соколик // Радиоэкология торфяных почв : материалы Междунар. конф. / Санкт-Петербургский гос. аграр. ун-т. – СПб., 1994. – С. 23–24.
8. 20 лет после чернобыльской катастрофы: последствия в Республике Беларусь и их преодоление. Национальный доклад / под ред. В. Е. Шевчука, В. Л. Гурачевского. – Минск : Комитет по проблемам преодоления последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС при Совете Министров Республики Беларусь, 2006. – 112 с.

#### REFERENCES

1. Sysoyeva, A. A. Eksperimentalnoye issledovaniye i modelirovaniye profsessov, opredelyayushchikh podvizhnost 90Sr i 137Cs v sisteme pochva – rasteniye : avtoref. dis. ... kand. biol. nauk / A. A. Sysoyeva. – Obninsk : VNIISKHRAE, 2004. – 29 s.
2. Meyerovskiy, A. S. Sistema zemledeliya na meliorirovannykh antropogенно-preobrazovannykh pochvakh / A. S. Meyerovskiy, D. B. Dautina, A. V. Semenchenko // Melioratsiya pereuvlazhnyonnykh zemel. – 2004. – № 2 (52). – S.171–184.
3. Prigodnost pochv Respubliki Belarus dlya vzdelyvaniya otdelnykh selskokhozyaystvennykh kultur : rekomendatsii / V. V. Lapa [i dr.]. – Minsk : In-t pochvovedeniya i agrokhimii, 2011. – 64 s.
4. Pochvy selskokhozyaystvennykh zemel Respubliki Belarus : prakt. posobiye / pod red. G. I. Kuznetsova, N. I. Smeyana. – Minsk : Orgstroy, 2001. – 432 s.
5. Tsytron, G. S. Antropogенно-preobrazovannyye pochvy Belarusi / G. S. Tsytron. – Minsk, 2004. – 124 s.
6. Putyatin, Yu. V. Minimizatsiya postupleniya radionuklidov 137Cs i 90Sr v rasteniyevodcheskuyu produktsiyu / Yu. V. Putyatin. – Minsk : In-t pochvovedeniya i agrokhimii, 2008. – 268 s.
7. Sokolik, G. A. Deystviye fulvo- i guminovykh kislot na mekhanizmy nakopleniya radionuklidov  $^{137}\text{Cs}$  i  $^{90}\text{Sr}$  rastitelnymi kletkami / G. A. Sokolik // Radioekologiya torfyanykh pochv : materialy Mezhdunar. konf. / Sankt-Peterburgskiy gos. agrar. un-t. – SPb., 1994. – S. 23–24.
8. 20 let posle chernobylskoy katastrofy: posledstviya v Respublike Belarus i ikh preodoleniye. Natsionalnyy doklad / pod red. V. Ye. Shevchuka, V. L. Gurachevskogo. – Minsk : Komitet po problemam preodoleniya posledstviy katastrofy na Chernobylskoy AES pri Sovete Ministrov Respubliki Belarus, 2006. – 112 s.

9. *Алексахин, Р. М.* Поведение  $^{137}\text{Cs}$  в системе почва – растение и влияние внесения удобрений на накопление радионуклида в урожае / Р. М. Алексахин, И. Т. Моисеев, Ф. А. Тихомиров // *Агрохимия*. – 1992. – № 8. – С. 127–138.
10. *Путятин, Ю. В.* Влияние кислотности дерново-подзолистой супесчаной почвы и доз калийных удобрений на переход  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в яровую пшеницу / Ю. В. Путятин, Т. М. Серая, О. М. Петрикевич // *Почвоведение и агрохимия* : сб. науч. тр. – Минск : Ин-т почвоведения и агрохимии, 2004. – Вып. 33. – С. 163–169.
11. *Богдевич, И. М.* Урожай и поступление радионуклидов  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в сельскохозяйственные культуры в зависимости от доз калийных удобрений / И. М. Богдевич // *Почвенные исследования и применение удобрений* : межвед. тематич. сб. – Минск : Ин-т почвоведения и агрохимии, 2003. – Вып. 27. – С. 158–168.
12. Quantities, Units and Terms in Radioecology. International Commission on Radiation Units and Measurements. ICRU Report 65 // J. ICRU. – 2001. – V. 1. – № 2. – P. 2–44.
13. Рекомендации по ведению сельскохозяйственного производства в условиях радиоактивного загрязнения земель Республики Беларусь на 2012–2016 годы. – Минск, 2012. – 121 с.
14. Крупномасштабное агрохимическое и радиологическое обследование почв сельскохозяйственных земель Республики Беларусь : методические указания / И. М. Богдевич [и др.]; под ред. И. М. Богдевича. – Минск : Ин-т почвоведения и агрохимии, 2012. – 48 с.
15. Почвы. Определение органического вещества в модификации ЦИНАО : ГОСТ 26212–91. Введ. 1993.07.01. – Минск : Изд-во стандартов, 1992. – 6 с.
16. Почвы. Приготовление солевой вытяжки и определение pH по методу ЦИНАО : ГОСТ 26483–85. Введ. 07.01.86. – Минск : Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 1987. – 4 с.
17. Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО : ГОСТ 26207–91. Введ. 07.01.93. – Минск : Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 1992. – 6 с.
18. Почвы. Методы определения общего азота : ГОСТ 26107–84. Введ. 07.01.85. – Минск : Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 1985. – 6 с.
19. Почвы. Отбор проб : ГОСТ 28168–89. Введ. 01.04.90. – М. : Изд-во стандартов, 1989. – 6 с.
20. СТБ 1056.98. Радиационный контроль. Отбор проб сельхозсырья и кормов. Введ. 01.07.1998. – Минск : Белстандарт, 1998. – 7 с.
21. СТБ 1059.98. Радиационный контроль. Подготовка проб для определения  $^{90}\text{Sr}$  и  $^{137}\text{Cs}$ . Введ. 01.07.1998. – Минск : Белстандарт. – 22 с.
9. *Aleksakhin, R. M.* Povedeniye  $^{137}\text{Cs}$  v sisteme pochva – rasteniye i vliyaniye vneseniya udobreniy na nakopleniye radionuklida v urozhaye / R. M. Aleksakhin, I. T. Moiseyev, F. A. Tikhomirov // *Agrokimiya*. – 1992. – № 8. – S. 127–138.
10. *Putyatin, Yu. V.* Vliyaniye kislotnosti dernovo-podzolistoy supeschanoy pochvy i doz kaliynykh udobreniy na perekhod  $^{137}\text{Cs}$  i  $^{90}\text{Sr}$  v yarovuyu pshenitsu / Yu. V. Putyatin, T. M. Seraya, O. M. Petrikevich // *Pochvovedeniye i agrokimiya* : sb. nauch. tr. – Minsk : In-t pochvovedeniya i agrokimii, 2004. – Vyp. 33. – S. 163–169.
11. *Bogdevich, I. M.* Urozhay i postupleniye radionuklidov  $^{137}\text{Cs}$  i  $^{90}\text{Sr}$  v selskokhozyaystvennyye kultury v zavisimosti ot doz kaliynykh udobreniy / I. M. Bogdevich // *Pochvennyye issledovaniya i primeneniye udobreniy* : mezhved. tematic. sb. – Minsk : In-t pochvovedeniya i agrokimii, 2003. – Vyp. 27. – S. 158–168.
12. Quantities, Units and Terms in Radioecology. International Commission on Radiation Units and Measurements. ICRU Report 65 // J. ICRU. – 2001. – V. 1. – № 2. – P. 2–44.
13. Rekomendatsii po vedeniyu selskokhozyaystvennogo proizvodstva v usloviyakh radioaktivnogo zagryazneniya zemel Respubliki Belarus na 2012–2016 gody. – Minsk, 2012. – 121 s.
14. Krupnomasshtabnoye agrokhimicheskoye i radiologicheskoye obsledovaniye pochv selskokhozyaystvennykh zemel Respubliki Belarus : metodicheskiye ukazaniya / I. M. Bogdevich [i dr.]; pod red. I. M. Bogdevicha. – Minsk : In-t pochvovedeniya i agrokimii, 2012. – 48 s.
15. Pochvy. Opredeleniye organicheskogo veshchestva v modifikatsii TsINAO : GOST 26212–91. Vved. 1993.07.01. – Minsk : lzd-vo standartov, 1992. – 6 s.
16. Pochvy. Prigotovleniye solevoy vytyazhki i opredeleniye pH po metodu TsINAO : GOST 26483–85. Vved. 07.01.86. – Minsk : Belorus. gos. in-t standartizatsii i setifikatsii, 1987. – 4 s.
17. Pochvy. Opredeleniye podvizhnykh soyedineniy fosfora i kaliya po metodu Kirsanova v modifikatsii TsINAO : GOST 26207–91. Vved. 07.01.93. – Minsk : Belorus. gos. in-t standartizatsii i setifikatsii, 1992. – 6 s.
18. Pochvy. Metody opredeleniya obshchego azota : GOST 26107–84. Vved. 07.01.85. – Minsk : Belorus. gos. in-t standartizatsii i setifikatsii, 1985. – 6 s.
19. Pochvy. Otbor prob : GOST 28168–89. Vved. 01.04.90. – M. : lzd-vo standartov, 1989. – 6 s.
20. STB 1056.98. Radiatsionnyy kontrol. Otbor prob selkhozsyrya i kormov. Vved. 01.07.1998. – Minsk : Belstandart, 1998. – 7 s.
21. STB 1059.98. Radiatsionnyy kontrol. Podgotovka prob dlya opredeleniya  $^{90}\text{Sr}$  i  $^{137}\text{Cs}$ . Vved. 01.07.1998. – Minsk : Belstandart. – 22 s.