

УДК 574.4:633.2

UDC 574.4:633.2

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

EFFECTS OF POTASSIUM NUTRITION ON THE COLLECTION OF ^{137}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}Cs многолетними травами на деградированной торфяно-минеральной почве. Установлено, что в зависимости от метеорологических условий вегетационного периода различия в параметрах накопления ^{137}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}Cs в многолетние травы на 32–64 %.

Ключевые слова: активность, коэффициент перехода, ^{137}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}Cs perennial grasses on degraded peat-mineral soil. It is found that depending on the meteorological conditions in the growing season differences parameters ^{137}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}Cs transition to perennial grasses to 32–64%.

Keywords: activity, transfer factor, ^{137}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}Cs и от 64 до 93 % – для ^{90}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 торфоземам 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}Cs в сельскохозяйственные культуры. На почвах разного генезиса под влиянием калия поступление ^{137}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}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}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/м²). 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}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) P_2O_5 – 737 и K_2O – 665 мг/кг почвы.

Почва относится согласно градации [14] ко второй группе (1,0–4,9 Ки/км²) по степени загрязнения ^{137}Cs . Плотность загрязнения колебалась от 4,1 до 4,7 Ки/км² (в среднем 4,3 Ки/км²).

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 м², учетная площадь – 12 м².

Агрoхимические 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 ¹³⁷Cs проводили согласно методике [19], подготовку почвенных и растительных проб – по методикам [20; 21]. Определение удельной активности ¹³⁷Cs (Бк/кг) в почвенных пробах выполняли на γ - β -спектрометре МКС-АТ1315, в растительных образцах – на γ -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 ¹³⁷Cs рассчитывали согласно методике [14]. Для количественной оценки поступления ¹³⁷Cs 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/м²).

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 ¹³⁷Cs многолетними травами зависело от метеорологических условий вегетационных периодов, укосов и уровней применения калийных удобрений. При плотности загрязнения деградированной торфяно-минеральной почвы ¹³⁷Cs 4,3 Ки/км² 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 ¹³⁷Cs в растениях отмечались в наиболее влажном 2014 году.

Различия в активности ¹³⁷Cs 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 ¹³⁷Cs 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}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 ₉₀ K ₁₂₀	23,26±10,14	29,13±8,57	23,11±6,93	25,17	71
3 P ₉₀ K ₁₈₀	24,10±5,87	27,87±7,75	22,79±6,23	24,92	70
4 P ₉₀ K ₂₄₀	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 ₉₀ K ₁₂₀	42,64±12,87	87,32±26,19	167,29±46,22	99,08	66
3 P ₉₀ K ₁₈₀	37,63±11,57	63,39±19,02	99,77±29,93	66,93	44
4 P ₉₀ K ₂₄₀	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 P₉₀K₁₂₀ (вариант 3) способствовала уменьшению содержания ^{137}Cs в сене по отношению к контролю в среднем в 2,2 раза, по отношению к варианту с P₉₀K₁₂₀ – в 1,5 раза. При внесении K₆₀ под второй укос на фоне P₉₀K₁₈₀ (вариант 4) также наблюдалось снижение активности ^{137}Cs в растениях по сравнению с вариантом 3 с 66,93 до 49,02 Бк/кг.

Расчеты коэффициентов перехода ^{137}Cs из почвы в многолетние травы показали следующее. За годы исследований в зависимости от метеорологических условий вегетационных периодов различия в переходе ^{137}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/м², тогда как для второго укоса он варьировал от 0,47 до 1,57 Бк/кг : кБк/м², в среднем составив соответственно 0,22 и 0,95 Бк/кг : кБк/м² (таблица 2).

Фосфорные и калийные удобрения в дозах соответственно 90 и 120 кг/га снизили параметры перехода ^{137}Cs из почвы в травы первого и второго укосов на 27–34 %. При внесении под второй укос K₆₀ на фоне P₉₀K₁₂₀ показатель перехода ^{137}Cs из почвы в растения снизился с 0,63 до 0,43 Бк/кг : кБк/м².

Таблица 2 – Коэффициенты перехода ^{137}Cs в сено многолетних бобово-злаковых трав в зависимости от доз фосфорных и калийных удобрений, Бк/кг : кБк/м²

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 ₉₀ K ₁₂₀	0,13	0,18	0,18	0,16	27
3 P ₉₀ K ₁₈₀	0,14	0,16	0,17	0,16	27
4 P ₉₀ K ₂₄₀	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 ₉₀ K ₁₂₀	0,26	0,52	1,12	0,63	34
3 P ₉₀ K ₁₈₀	0,22	0,42	0,65	0,43	55
4 P ₉₀ K ₂₄₀	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}Cs по отношению к варианту 3 ($P_{90}K_{180}$) в травы первого укоса с 0,16 до 0,10 Бк/кг : кБк/м², в травы второго укоса – с 0,43 до 0,31 Бк/кг : кБк/м².

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

бобово-злаковые травы составил 0,59 Бк/кг : кБк/м². 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}Cs в растения и продуктивностью многолетних трав (рисунок 2).

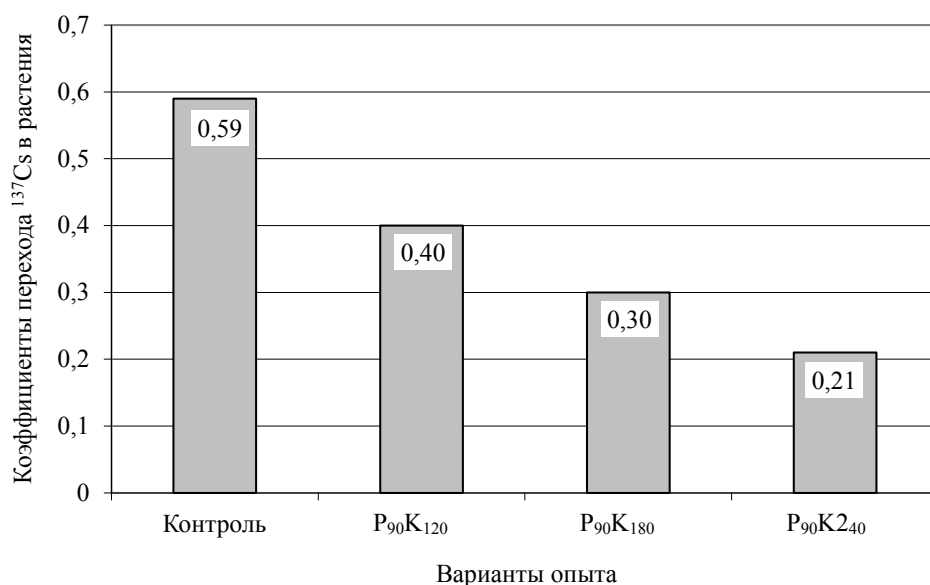


Рисунок 1 – Влияние уровней применения минеральных удобрений на коэффициент перехода ^{137}Cs из почвы в многолетние бобово-злаковые травы

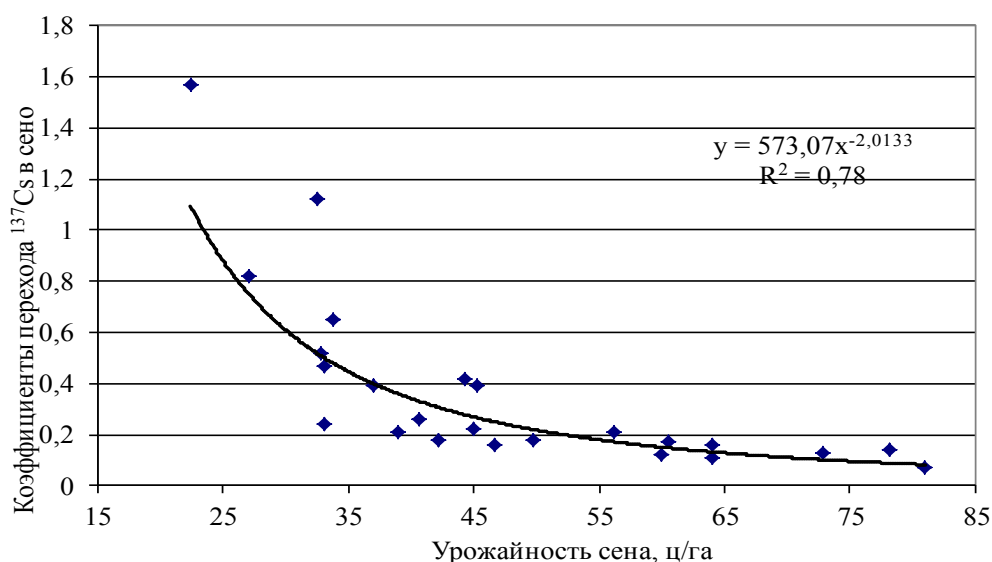


Рисунок 2 – Зависимость коэффициентов перехода ^{137}Cs из почвы в многолетние бобово-злаковые травы от уровня их продуктивности

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}Cs в растения.

Заключение. Результаты исследования позволили сделать следующие выводы:

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

2. На деградированной торфяно-минеральной почве с содержанием P_2O_5 737 и K_2O – 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}Cs в многолетние бобово-злаковые травы на 32–64 %.

3. Рекомендуются 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}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}Sr и ^{137}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}Cs и ^{90}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}Cs и ^{90}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.

REFERRNCES

1. Sysoyeva, A. A. Eksperimentalnoye issledovaniye i modelirovaniye protsessov, opredelyayushchikh podvizhnost ^{90}Sr i ^{137}Cs v sisteme pochva – rasteniye : avtoref. dis. ... kand. biol. nauk / A. A. Sysoyeva. – Obninsk : VNIISKHRAE, 2004. – 29 s.
2. Meyerovskiy, A. S. Sistema zemledeliya na meliorovannykh antropogenno-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. Antropogenno-preobrazovannyye pochvy Belarusi / G. S. Tsytron. – Minsk, 2004. – 124 s.
6. Putyatin, Yu. V. Minimizatsiya postupleniya radionuklidov ^{137}Cs i ^{90}Sr v rasteniyevodcheskuyu produkciyu / 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}Cs i ^{90}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}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}Cs и ^{90}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}Cs и ^{90}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}Sr и ^{137}Cs . Введ. 01.07.1998. – Минск : Белстандарт. – 22 с.
9. *Aleksakhin, R. M.* Povedeniye ^{137}Cs v sisteme pochva – rasteniye i vliyaniye vneseniya udobreniy na nakopleniye radionuklida v urozhaye / R. M. Aleksakhin, I. T. Moiseyev, F. A. Tikhomirov // *Agrokhimiya*. – 1992. – № 8. – S. 127–138.
10. *Putyatin, Yu. V.* Vliyaniye kislotnosti dernovo-podzolistoy supeschanoy pochvy i doz kaliynykh udobreniy na perekhod ^{137}Cs i ^{90}Sr v yarovuyu pshenitsu / Yu. V. Putyatin, T. M. Seraya, O. M. Petrikevich // *Pochvovedeniye i agrokhimiya* : sb. nauch. tr. – Minsk : In-t pochvovedeniya i agrokhimii, 2004. – Vyp. 33. – S. 163–169.
11. *Bogdevich, I. M.* Urozhay i postupleniye radionuklidov ^{137}Cs i ^{90}Sr v selskokhozyaystvennyye kultury v zavisimosti ot doz kaliynykh udobreniy / I. M. Bogdevich // *Pochvennyye issledovaniya i primeneniye udobreniy* : mezhved. tematch. sb. – Minsk : In-t pochvovedeniya i agrokhimii, 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 agrokhimii, 2012. – 48 s.
15. Pochvy. Opredeleniye organicheskogo veshchestva v modifikatsii TsINAO : GOST 26212-91. Vved. 1993.07.01. – Minsk : Izd-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. : Izd-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}Sr i ^{137}Cs . Vved. 01.07.1998. – Minsk : Belstandart. – 22 s.