

**Учреждение образования  
«Международный государственный экологический  
институт имени А. Д. Сахарова»  
Белорусского государственного университета**



# **ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ВЕСТНИК**

**НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ**

**№ 2 (40)  
АПРЕЛЬ–ИЮНЬ 2017**

*Основан в мае 2007 года*

*Выходит ежеквартально*

Минск  
2017

## УЧРЕДИТЕЛЬ ЖУРНАЛА:

Учреждение образования «Международный государственный экологический институт имени А. Д. Сахарова» Белорусского государственного университета

## ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР:

доктор физико-математических наук, профессор **Маскевич Сергей Александрович**

## МЕЖДУНАРОДНЫЙ РЕДАКЦИОННЫЙ КОМИТЕТ

**И. В. Дардынская**, профессор, Иллинойский университет в Чикаго (США)  
**А. П. Денисов**, генеральный директор ИЧУПП «Кока-кола Бевриджиз Белоруссия» (Беларусь)  
**Б. Крстич**, профессор, Университет г. Нови Сад (Республика Сербия)  
**Ю. А. Коровин**, профессор, Объединенный институт ядерных исследований (Россия)  
**Г. Либератос**, профессор, Университет г. Патрас (Греция)  
**Й. Сабол**, профессор, Пражский технический университет (Чешская Республика)  
**С. Н. Степаненко**, профессор, Одесский государственный экологический университет (Украина)  
**С. А. Степанов**, профессор, Международный независимый эколого-политологический университет (Россия)  
**Я. Шишко**, профессор, Варшавский университет естественных наук (Республика Польша)

## РЕДКОЛЛЕГИЯ:

<b>С. С. Позняк</b> , д-р с.-х. наук, проф. (зам. гл. редактора)	<b>В. И. Красовский</b> , канд. тех. наук, доцент
<b>О. В. Лозинская</b> (научный редактор)	<b>Н. Д. Лепская</b> , канд. фил. наук, доцент
<b>В. Г. Баштовой</b> , д-р физ.-мат. наук, проф.	<b>Л. М. Лобанок</b> , д-р мед. наук, член-корр. НАН Беларуси, проф.
<b>С. Е. Головатый</b> , д-р с.-х. наук, проф.	<b>Н. А. Лысухо</b> , канд. тех. наук, доцент
<b>А. П. Голубев</b> , д-р биол. наук, доцент	<b>С. Б. Мельнов</b> , д-р биол. наук, проф.
<b>В. А. Иванюкович</b> , канд. физ.-мат. наук, доцент	<b>И. П. Наркевич</b> , д-р тех. наук, доцент
<b>С. П. Кундас</b> , д-р тех. наук, проф.	<b>А. Е. Океанов</b> , д-р мед. наук, проф.
<b>А. В. Кильчевский</b> , д-р биол. наук, проф., член-корр. НАН Беларуси	<b>Т. Ф. Персикова</b> , д-р с.-х. наук, проф.

## АДРЕС РЕДАКЦИИ:

ул. Долгобродская, 23/1, 220070, г. Минск,  
тел. (017) 398 99 79, факс: (017) 398 99 53  
E-mail: info@iseu.by  
<http://www.iseu.bsu.by>

Свидетельство о государственной регистрации № 1366 от 10.06.2010,  
выдано Министерством информации Республики Беларусь

Редакторы *Л. М. Корневская, Т. А. Лавринович*  
Компьютерная верстка *Д. В. Головач*  
Корректор *Д. В. Головач*

Подписано в печать 23.06.2017 г. Формат 60×84 1/8. Бумага офсетная. Печать офсетная.  
Усл. печ. л. 15,3. Уч.-изд. л. 16,04. Тираж 100 экз. Заказ 292. Бесплатно

ОАО «Оргстрой»  
ЛП № 02330/0494197 от 03.04.2009.  
Ул. Берестянская, 16, 220034, г. Минск

© Учреждение образования  
«Международный государственный  
экологический институт имени А. Д. Сахарова»  
Белорусского государственного университета, 2017

# СОДЕРЖАНИЕ

<b>СОЦИАЛЬНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ.....</b>	<b>5</b>
С. А. Давтян, К. Т. Казарян СОЦИАЛЬНО-ФИЛОСОФСКИЕ ОСНОВЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА В АРМЕНИИ.....	5
М. Ч. Залиханов, С. А. Степанов ФИЛОСОФИЯ ЭКОЛОГИИ И СОВРЕМЕННЫЙ МИР (К 100-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ АКАДЕМИКА Н. Н. МОИСЕЕВА).....	11
О. Г. Садикова ЭКОЛОГО-ЭТИЧЕСКИЕ ИДЕИ АНТРОПОКОСМИЗМА Н. Г. ХОЛОДНОГО.....	15
<b>ИЗУЧЕНИЕ И РЕАБИЛИТАЦИЯ ЭКОСИСТЕМ.....</b>	<b>20</b>
М. М. Воробьева, Н. В. Воронова ВНУТРИВИДОВОЙ ПОЛИМОРФИЗМ ГЕНА COI У ТЛЕЙ РАЗНЫХ ЭКОЛОГО-СИСТЕМАТИЧЕСКИХ ГРУПП.....	20
Е. Tusat, S. Karayel, S. Ari USAGE OF GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS BASED MODELLING IN MANAGEMENT AND PLANNING; THE CASE OF DISASTER PLANNING IN TURKEY .....	26
Т. П. Сергеева, А. А. Бинтяй, А. С. Лазарь СООБЩЕСТВА ПРЯМОКРЫЛЫХ (ORTHOPTERA) ПЕРЕХОДНЫХ ЗОН ЭКОЛОГИЧЕСКИ РАЗЛИЧАЮЩИХСЯ РЯДОВ БИОГЕОЦЕНОЗОВ ЗАПОВЕДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ.....	34
О. В. Лозинская ОЦЕНКА СОДЕРЖАНИЯ СОЛЕЙ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВЕ И ЛИСТЯХ БЕРЕЗЫ ПОВИСЛОЙ ИЗ ЕСТЕСТВЕННЫХ И АНТРОПОГЕННО ИЗМЕНЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ.....	43
В. О. Лемешевский, И. В. Рышкель БИОЛОГО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ТРУТОВЫХ ГРИБОВ АГРОГОРОДКА ОЛЬШАНЫ.....	52
С. А. Жданович, А. В. Пугачевский КРИТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВАЛЕЖА СОСНЫ И ЕЛИ КАК ЛЕСНОГО ГОРЮЧЕГО МАТЕРИАЛА В ХВОЙНЫХ ЛЕСАХ БЕЛАРУСИ.....	58
Г. В. Толкач, С. С. Позняк НАКОПЛЕНИЕ НЕКОТОРЫХ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ РАСТИТЕЛЬНОСТЬЮ ФИТОЦЕНОЗОВ БРЕСТСКОГО РАЙОНА В УСЛОВИЯХ ТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА.....	62

**РАДИОЭКОЛОГИЯ И РАДИОБИОЛОГИЯ, РАДИАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ .....67**

Н. Н. Цыбулько, А. В. Шашко

ВЛИЯНИЕ ДОЗ АЗОТНЫХ УДОБРЕНИЙ НА НАКОПЛЕНИЕ <sup>137</sup>CS ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЕЙ И МНОГОЛЕТНИМИ БОБОВО-ЗЛАКОВЫМИ ТРАВАМИ НА ТОРФЯНО-МИНЕРАЛЬНОЙ ПОЧВЕ.....67

**МЕДИЦИНСКАЯ ЭКОЛОГИЯ .....75**

Е. Н. Альферович, Л. В. Грак, Н. В. Кокорина

ВОЗМОЖНОСТИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПАТОЛОГИИ ТИРЕОИДНОЙ И РЕПРУДУКТИВНОЙ СИСТЕМ У ДЕВОЧЕК-ПОДРОСТКОВ .....75

Р. М. Смолякова

МОЛЕКУЛЯРНО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ ДИАГНОСТИКИ И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ РАКА ПРЕДСТАТЕЛЬНОЙ ЖЕЛЕЗЫ.....80

**ПРОМЫШЛЕННАЯ И АГРАРНАЯ ЭКОЛОГИЯ .....87**

Н. Н. Мирошниченко, И. А. Кривицкая, Е. Ю. Гладких

МОНИТОРИНГ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ГОРОДСКИХ ПОЧВАХ В УСЛОВИЯХ РАЗЛИЧНОЙ ТЕХНОГЕННОЙ НАГРУЗКИ.....87

Е. Г. Сарасеко

СОВРЕМЕННОЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ПРОИЗВОДСТВА МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ.....94

Е. Tusat, F. Sari, F. D. Mikailsoy

REALLOCATION OF AGRICULTURAL LANDS THROUGH LAND CONSOLIDATION; A CASE STUDY OF GEVREKLI (TURKEY) .....101

С. С. Позняк, А. А. Шиманская

СОДЕРЖАНИЕ И ХАРАКТЕР ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВАЛОВЫХ ФОРМ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ (Cu, Pb, Zn, Ni) В ПОЙМЕННЫХ ПОЧВАХ НИЖНЕГО ТЕЧЕНИЯ РЕКИ ПРИПЯТЬ МОЗЫРСКОГО РАЙОНА .....106

Ж. А. Рупасова, А. П. Яковлев, И. И. Лиштван, З. М. Алещенкова, П. Н. Белый, А. М. Николайчук, М. Н. Вашкевич

ВЛИЯНИЕ УДОБРЕНИЙ НА ФОРМИРОВАНИЕ ТЕКУЩЕГО ПРИРОСТА ВЕГЕТАТИВНОЙ СФЕРЫ ГОЛУБИКИ НА УЧАСТКЕ ВЫРАБОТАННОГО ТОРФЯНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ «ЖУРАВЛЕВСКОЕ».....116

А. Н. Батян, В. А. Кравченко, А. П. Клюев, В. В. Литвяк, И. М. Почицкая

СТИМУЛИРУЮЩИЙ ЭФФЕКТ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА НАЧАЛЬНЫЕ ЭТАПЫ ОНТОГЕНЕЗА ПШЕНИЦЫ ОЗИМОЙ .....123

**ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ СТАТЕЙ .....130**

# РАДИОЭКОЛОГИЯ И РАДИОБИОЛОГИЯ, РАДИАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

УДК 631.412:631.83:631.84

**Н. Н. Цыбулько<sup>1</sup>, А. В. Шашко<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Департамент по ликвидации последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС,  
г. Минск, Республика Беларусь

<sup>2</sup>Институт радиологии, г. Гомель, Республика Беларусь

## ВЛИЯНИЕ ДОЗ АЗОТНЫХ УДОБРЕНИЙ НА НАКОПЛЕНИЕ <sup>137</sup>Cs ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЕЙ И МНОГОЛЕТНИМИ БОБОВО-ЗЛАКОВЫМИ ТРАВАМИ НА ТОРФЯНО-МИНЕРАЛЬНОЙ ПОЧВЕ

На торфяно-минеральной почве установлено, что азотные удобрения, вносимые в дозах  $N_{60-120}$  на фоне  $P_{60}K_{120}$ , не приводят к увеличению накопления <sup>137</sup>Cs в зерне яровой пшеницы. Дополнительные обработки посевов медьсодержащим удобрением и регуляторами роста растений на фоне  $N_{120}$  значительно уменьшают переход радионуклида в растения. Применение под многолетние бобово-злаковые травы азота в дозах  $N_{30-90}$  способствуют снижению содержания <sup>137</sup>Cs в сене на 34–47 % по отношению к фону  $P_{90}K_{180}$ .

➤ **Ключевые слова:** <sup>137</sup>Cs, удельная активность, коэффициент перехода, торфяно-минеральная почва, удобрения, фосфор, калий, азот.

### Введение

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 <sup>137</sup>Cs и от 64 до 93 % – для <sup>90</sup>Sr [1]. На территории радиоактивного загрязнения в составе сельскохозяйственных земель значительный удельный вес занимают торфяные почвы. Площади торфяных почв с разной мощностью торфа и деградированных торфяно-минеральных почв в загрязненных радионуклидами Гомельской, Могилевской и Брестской областях составляют около 500 тыс. га [2–3].

Органогенные почвы отличаются от минеральных более высоким поступлением радионуклидов в растения и являются критичными для получения нормативно чистой сельскохозяйственной продукции. 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 [4–5].

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 ( $T_{ag}$ ) [6]. С целью прогноза загрязнения радионуклидами продукции сельскохозяйственных культур разработаны усредненные  $K_n$  для основных типов почв, в том числе для торфяно-болотных почв [7]. В то же время для торфяно-глеевых и деградированных торфяно-минеральных почв эти показатели отсутствуют, что не позволяет прогнозировать накопление радионуклидов в растениеводческой продукции, а также определить дозы азотных удобрений, обеспечивающих минимальное накопление радионуклидов.

Известно, что азотные удобрения, особенно в повышенных дозах, увеличивают в 1,5–4,0 раза накопление радионуклидов в сельскохозяйственных культурах [8]. Принято считать, что основной причиной высокого перехода <sup>137</sup>Cs и <sup>90</sup>Sr в растения при внесении азотных удобрений является воз-

можное подкисление почвенного раствора и в результате этого – повышение подвижности в почве элементов питания, в том числе и радионуклидов.

Усиление поглощения  $^{137}\text{Cs}$  при внесении азотных удобрений объясняется повышением количества подвижного радионуклида в почве под влиянием гидратированных ионов аммония, имеющих с радиоцезием сходный по величине ионный радиус, способных вытеснять его из мест сорбции в почвенный раствор [9]. Однако нитратная форма азота также усиливает поглощение  $^{137}\text{Cs}$ , хотя и в меньшей степени (в среднем в 2 раза), чем азот в аммонийной форме [10]. Предполагается, что повышенное накопление  $^{137}\text{Cs}$  в растениях при внесении азота может происходить в результате сдвига в соотношениях элементов в почвенном растворе [11].

Установлено, что азотные удобрения усиливают поступление радионуклидов в растения при внесении их только в повышенных дозах, тогда как оптимальные дозы способствуют получению высокой урожайности культур с минимальным содержанием радионуклидов [12].

**Цель исследования** – изучить влияние возрастающих доз азотных удобрений на поступление  $^{137}\text{Cs}$  в зерно яровой пшеницы и сено многолетних бобово-злаковых трав на торфяно-минеральной почве.

### **Объекты и методы исследования**

Исследования проводились в 2012–2014 гг. в стационарных полевых опытах на территории землепользования Государственного предприятия «Новое Полесье» Лунинецкого р-на Брестской обл. Объектом исследования являлись торфяно-минеральные почвы. Агрохимические показатели пахотного (0–25 см) слоя почвы имели следующие (средние) значения:

- опытный участок № 1 с яровой пшеницей: органическое вещество – 60,4 %, общий азот – 1,71 %, минеральный азот – 112,8 мг/кг почвы (93,7 кг/га), рН в КС1 – 5,44, подвижные формы (в 0,2 М НС1)  $\text{P}_2\text{O}_5$  – 748 и  $\text{K}_2\text{O}$  – 625 мг/кг почвы;

- опытный участок № 2 с многолетними травами: органическое вещество – 53,1 %, общий азот – 1,54 %, минеральный азот – 36,2 мг/кг почвы (35,3 кг/га), рН в КС1 – 5,44, подвижные формы (в 0,2 М НС1)  $\text{P}_2\text{O}_5$  – 737 и  $\text{K}_2\text{O}$  – 665 мг/кг почвы.

Плотность загрязнения почвы  $^{137}\text{Cs}$  колебалась от 3,7 до 4,5 Ки/км<sup>2</sup> (в среднем 4,0 Ки/км<sup>2</sup>) на опытном участке с яровой пшеницей и от 4,1 до 4,7 Ки/км<sup>2</sup> (в среднем 4,3 Ки/км<sup>2</sup>) – на опытном участке с многолетними травами.

Возделывали яровую пшеницу сорта Ростань и бобово-злаковую травосмесь, включающую тимофеевку луговую (6 кг/га), овсяницу луговую (6 кг/га), кострец безостый (6 кг/га) и лядвенец рога-тый (5 кг/кг). Посев трав беспокровный.

Схема опыта с яровой пшеницей включала следующие варианты:

1. Контроль (без удобрений).

2. Р60К120.

3. Р60К120 + N60 – перед посевом.

4. Р60К120 + N60 – перед посевом + N30 – в фазу выхода в трубку растений.

5. Р60К120 + N60 – перед посевом + N60 – в фазу выхода в трубку растений.

6. Р60К120 + N90 – перед посевом + N30 + Cu200 + регуляторы роста растений – в фазу выхода в трубку растений.

Схема опыта с многолетними бобово-злаковыми травами приведена в таблице 1.

*Таблица 1 – Схема применения минеральных удобрений под многолетние травы*

Варианты опыта	Дозы удобрений под 1-й укос, кг/га д.в.			Дозы удобрений под 2-й укос, кг/га д.в.		
	N	P	K	N	P	K
1. Контроль (без удобрений)	–	–	–	–	–	–
2. Р <sub>90</sub> К <sub>180</sub>	–	90	120	–	–	60
3. N <sub>30</sub> Р <sub>90</sub> К <sub>180</sub>	30	90	120	–	–	60
4. N <sub>60</sub> Р <sub>90</sub> К <sub>180</sub>	30	90	120	30	–	60
5. N <sub>90</sub> Р <sub>90</sub> К <sub>180</sub>	60	90	120	30	–	60

Размещение делянок в опыте рендомизированное. Повторность вариантов в опыте четырехкратная. В опыте с яровой пшеницей общая площадь делянки составляла 29 м<sup>2</sup>, учетная площадь – 24 м<sup>2</sup>, в опыте с многолетними травами соответственно 20 и 12 м<sup>2</sup>.

Агрохимические показатели почв определяли по методикам: органическое вещество – по Тюрину в модификации ЦИНАО по ГОСТ 26212–91; рН<sub>КС1</sub> – потенциометрическим методом по ГОСТ 26483–85; подвижные формы фосфора и калия – по ГОСТ 26207–91; общий азот – по ГОСТ 26107–84; N-NH<sub>4</sub> – по ГОСТ 26489–85; N-NO<sub>3</sub> – по ГОСТ 26488–85.

Отбор проб почвы, подготовку почвенных и растительных проб для определения содержания  $^{137}\text{Cs}$  проводили по методикам [13–15]. Определение удельной активности  $^{137}\text{Cs}$  (Бк/кг) в почвенных пробах выполняли на  $\gamma$ -,  $\beta$ -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%. Для оценки поступления  $^{137}\text{Cs}$  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 исследования и их обсуждение

В условиях радиоактивного загрязнения наиболее «жестко» нормируется содержание радионуклидов в продукции на пищевые цели. В соответствии с республиканскими допустимыми уровнями (РДУ-99) предельное содержание  $^{137}\text{Cs}$  в зерне на пищевые цели не должно превышать 90 Бк/кг [16], а согласно техническому регламенту Таможенного союза допустимый уровень  $^{137}\text{Cs}$  в пищевом зерне 60 Бк/кг [17].

В наших исследованиях при плотности загрязнения почвы  $^{137}\text{Cs}$  до 5 Ки/км<sup>2</sup> удельная активность радионуклида в зерне яровой пшеницы даже в варианте без применения удобрений (контроль) не превышала 20 Бк/кг и составила в среднем в 2012 г. – 6,67 Бк/кг, 2013 г. – 18,15 и в 2014 г. – 16,23 Бк/кг (таблица 2). Различия в содержании  $^{137}\text{Cs}$  по годам составляли 2,7 раза. Более низкие значения отмечались во влажные годы. По степени увлажнения 2012–2014 гг. характеризовались как влажные – ГТК составили, соответственно, 1,66 и 2,02, а в 2013 г. был слабо засушливым – ГТК равен 1,16.

Таблица 2 – Накопление  $^{137}\text{Cs}$  яровой пшеницей в зависимости от доз азотных удобрений

Варианты опыта	Годы			Среднее значение	Процент к контролю
	2012	2013	2014		
Удельная активность $^{137}\text{Cs}$ в зерне, Бк/кг					
1. Контроль	6,67±1,99	18,15±5,44	16,23±4,87	13,68	100
2. P <sub>60</sub> K <sub>120</sub> – фон	4,67±1,38	14,07±4,22	12,54±3,76	10,43	76
3. Фон + N <sub>60</sub>	8,40±2,52	13,10±3,86	10,58±3,15	10,69	78
4. Фон + N <sub>90</sub>	9,23±3,01	14,10±4,22	10,58±3,10	11,30	83
5. Фон + N <sub>120</sub>	11,42±3,49	14,61±4,53	8,90±2,71	11,64	85
6. Фон + N <sub>120</sub> + Cu <sub>200</sub> + PP	7,89±2,47	12,09±3,27	7,05±2,07	9,01	66

Применение фосфорных и калийных удобрений в дозах P<sub>60</sub>K<sub>120</sub>, при содержании в почве P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 748 мг/кг и K<sub>2</sub>O 625 мг/кг почвы, снижало накопление  $^{137}\text{Cs}$  в зерне по отношению к контролю на 22–30% в зависимости от года, а в среднем на 24%. На фосфорно-калийном фоне активность радионуклида в зерне колебалась по годам от 4,67 до 14,07 Бк/кг.

Влияние азотных удобрений на поступление  $^{137}\text{Cs}$  в растения зависело от доз их внесения и метеорологических условий вегетационного периода в годы исследований. В условиях влажного вегетационного периода 2012 г. применение перед посевом яровой пшеницы 60 кг/га действующего вещества азотных удобрений (вариант 3) способствовало увеличению удельной активности  $^{137}\text{Cs}$  в зерне в 1,8 раза по отношению к фону P<sub>60</sub>K<sub>120</sub>. Азотная подкормка в фазу выхода в трубку растений в дозе N<sub>30</sub> (вариант 4) не привела к существенному повышению накопления радионуклида в продукции по сравнению с предпосевным внесением N<sub>60</sub>, тогда как более высокая доза азота (N<sub>60</sub>) в эту фазу увеличила содержание  $^{137}\text{Cs}$  в зерне в 1,4 раза.

При совместном применении N<sub>120</sub> (N<sub>90</sub> перед посевом и N<sub>30</sub> в фазу выхода в трубку растений), медьсодержащего удобрения (Cu<sub>200</sub>) и регулятора роста растений наблюдалось некоторое снижение поступления  $^{137}\text{Cs}$  в растения по отношению к вариантам с внесением только азотных удобрений.

В условиях слабо засушливого вегетационного периода 2013 г. отмечалось более высокое накопление  $^{137}\text{Cs}$  яровой пшеницей по сравнению с влажным 2012 г. На контроле и на фосфорно-калийном фоне это превышение составляло 2,7–3,0 раза, а в вариантах с азотными удобрениями – 1,3–1,5 раза. Различия в содержании радионуклида в зерне между фоном P<sub>60</sub>K<sub>120</sub> и вариантами с разными дозами азота были незначительные. Удельная активность  $^{137}\text{Cs}$  изменялась в пределах 13,10–14,61 Бк/кг. Минимальное накопление радионуклида (в среднем 12,09 Бк/кг) наблюдалось при совместном применении азотных и медьсодержащего удобрения и регулятора роста растений.

В 2014 г. (влажные условия вегетационного периода) азотные удобрения способствовали снижению накопления  $^{137}\text{Cs}$  в зерне яровой пшеницы по отношению к фосфорно-калийному фону. Минимальное содержание радионуклида отмечалось в вариантах с внесением N<sub>120</sub> при совместном вне-

сении  $N_{120}$ , медьсодержащего удобрения, а также регулятора роста растений и составило 8,90 и 7,05 Бк/кг соответственно.

Таким образом, во все годы исследований, за исключением 2012 г., азотные удобрения даже в повышенных дозах ( $N_{120}$ ) не оказали существенного влияния на увеличение поступления  $^{137}\text{Cs}$  в зерно яровой пшеницы. При содержании радионуклида на фосфорно-калийном фоне в среднем за 3 года 10,43 Бк/кг активность его в вариантах с разными дозами и сроками внесения азотных удобрений колебалась в пределах 10,69–11,64 Бк/кг. Применение полного минерального удобрения (NPK) способствовало снижению накопления  $^{137}\text{Cs}$  яровой пшеницей по отношению к контролю (без удобрений) на 15–22 %, а при совместном применении минеральных удобрений, медьсодержащего удобрения и регулятора роста растений – на 34 %.

Расчеты коэффициентов перехода  $^{137}\text{Cs}$  из почвы в зерно яровой пшеницы показали, что за годы исследований в зависимости от метеорологических условий и вегетационных периодов, различия в переходе  $^{137}\text{Cs}$  в зерно составили 1,5–1,8 раза. На контрольном варианте коэффициент перехода варьировал по годам от 0,064 до 0,113 Бк/кг: кБк/м<sup>2</sup> и в среднем составил 0,088 Бк/кг: кБк/м<sup>2</sup>. При внесении фосфорных и калийных удобрений ( $P_{60}K_{120}$ ) величина его изменялась по годам от 0,047 до 0,082 при среднем значении 0,067 Бк/кг: кБк/м<sup>2</sup>.

Азотные удобрения, вносимые в дозах 60, 90 и 120 кг/га на фоне  $P_{60}K_{120}$ , не привели к повышению коэффициентов перехода радионуклида в зерно и изменялись в среднем за 3 года опытов в пределах 0,064–0,069, то есть были на уровне фона  $P_{60}K_{120}$ . Кроме этого, дополнительные обработки посевов медьсодержащим удобрением и регуляторами роста растений значительно снижали величину этого показателя (рисунок 1).

В соответствии с республиканскими требованиями, для получения нормативно чистого цельного молока (< 100 Бк/л) и мяса (< 500 Бк/л) допустимый уровень  $^{137}\text{Cs}$  в сене составляет 1300 Бк/кг, для получения нормативно чистого молока-сырья при переработке на масло – 1850 Бк/кг. Техническим регламентом Таможенного союза установлен более «жесткий» по сравнению с РДУ-99 норматив на содержание  $^{137}\text{Cs}$  в мясе, который составляет 200 Бк/кг. Поэтому предельно допустимое содержание радионуклида в сене для заключительной стадии откорма животных примерно в 2,5 раза ниже и не должно превышать 500 Бк/кг.

В наших исследованиях накопление  $^{137}\text{Cs}$  многолетними бобово-злаковыми травами зависело от метеорологических условий вегетационных периодов, укосов и уровней применения минеральных удобрений. Различия в содержании радионуклида в сене по годам достигали на контроле (без применения удобрений) 3,6 раза, в вариантах с минеральными удобрениями – 2,7–3,0 раза. Во все годы исследований травы второго укоса отличались более высокой удельной активностью  $^{137}\text{Cs}$  по сравнению с травами первого укоса.

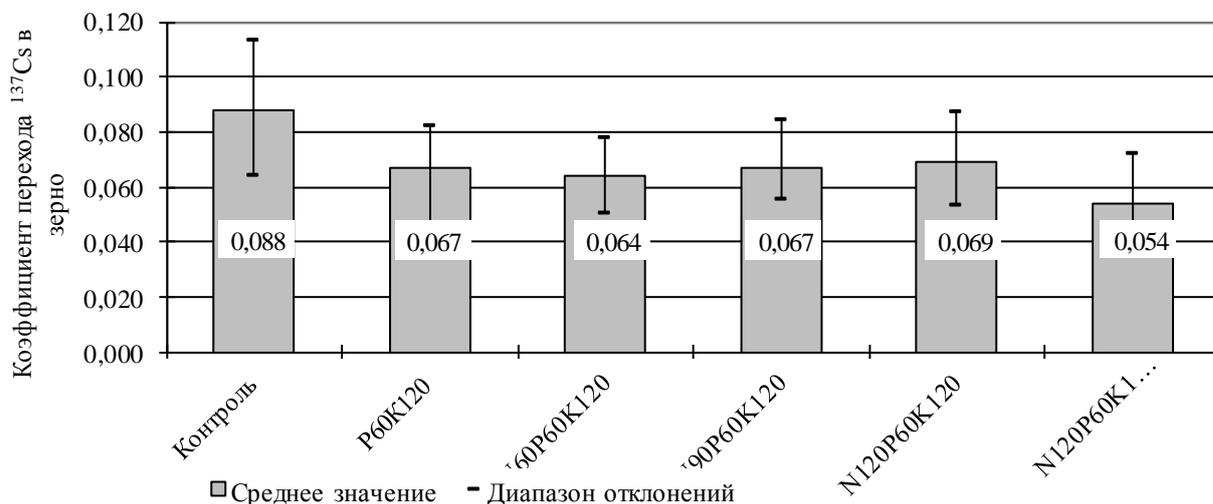


Рисунок 1 – Коэффициенты перехода  $^{137}\text{Cs}$  в зерно яровой пшеницы в зависимости от доз азотных удобрений (Бк/кг: кБк/м<sup>2</sup>)

В контрольном варианте (без удобрений) удельная активность  $^{137}\text{Cs}$  в травах первого укоса колебалась по годам от 29,77 до 40,50 Бк/кг, в травах второго укоса – от 71,36 до 256,48 Бк/кг при средних значениях 35,55 и 150,45 Бк/кг соответственно.

При содержании в пахотном (0–20 см) слое почвы  $P_2O_5$  737 мг/кг и  $K_2O$  665 мг/кг применение в период весеннего отрастания многолетних трав фосфорных и калийных удобрений в дозах  $P_{90}K_{120}$

обеспечило уменьшение накопления  $^{137}\text{Cs}$  в сене первого укоса в 1,3–1,6 раза. Калийная подкормка трав после первого укоса дозой  $\text{K}_{60}$  на фоне ранневесеннего применения  $\text{P}_{90}\text{K}_{120}$  способствовала снижению содержания радионуклида в сене второго укоса от 1,9 (2012 г.) до 2,5 раз (таблица 3).

Таблица 3 – Удельная активность  $^{137}\text{Cs}$  (Бк/кг) в сене многолетних трав в зависимости от доз азотных удобрений

Варианты опыта	Годы			Среднее значение	Процент к контролю
	2012	2013	2014		
Первый укос					
1. Контроль	40,50±12,46	36,37±10,78	29,77±8,91	35,55	100
2. $\text{P}_{90}\text{K}_{180}$ – фон	24,10±5,87	27,87±7,75	22,79±6,23	24,92	70
3. Фон + $\text{N}_{30}$	11,50±4,70	15,43±4,62	15,94±4,77	14,29	40
4. Фон + $\text{N}_{60}$	12,20±4,37	15,53±6,10	15,82±4,70	14,52	41
5. Фон + $\text{N}_{90}$	13,42±4,99	9,97±5,71	13,46±4,05	12,28	35
Второй укос					
1. Контроль	71,36±21,48	123,52±37,54	256,48±76,94	150,45	100
2. $\text{P}_{90}\text{K}_{180}$ – фон	37,63±11,57	63,39±19,02	99,77±29,93	66,93	45
3. Фон + $\text{N}_{30}$	18,31±5,57	56,99±16,99	57,37±17,22	44,22	30
4. Фон + $\text{N}_{60}$	23,29±6,95	49,26±14,77	32,81±9,83	35,12	24
5. Фон + $\text{N}_{90}$	26,06±7,94	51,44±15,25	34,73±10,40	37,41	25

Азотные удобрения, которые применяли под многолетние бобово-злаковые травы в начале их весеннего отрастания и под второй укос в общих дозах 30, 60 и 90 кг/га действующего вещества на фоне  $\text{P}_{90}\text{K}_{180}$ , не привели к усилению поступления  $^{137}\text{Cs}$  в растения, а способствовали снижению его накопления. Так, при внесении  $\text{N}_{30}$  в начале весенней вегетации трав снижение удельной активности радионуклида в сене первого укоса по отношению к фосфорно-калийному фону колебалось по годам от 6,87 до 12,60 Бк/кг, а в среднем за 3 года исследований составило 10,40–10,63 Бк/кг или 41–42 %.

За годы исследований минимальное содержание  $^{137}\text{Cs}$  в сене первого укоса (12,28 Бк/кг) отмечено в варианте с внесением в начале весеннего отрастания трав 60 кг/га азота удобрений.

Азотная подкормка трав после первого укоса в дозе 30 кг/га на фоне ранневесеннего применения  $\text{N}_{30}$  и  $\text{N}_{60}$  (варианты 4 и 5) снизили накопление  $^{137}\text{Cs}$  в сене второго укоса по отношению к варианту  $\text{P}_{90}\text{K}_{180}$  на 47 и 44 % соответственно, к варианту  $\text{N}_{30}\text{P}_{90}\text{K}_{180}$  – на 21 и 15 %.

Определены коэффициенты перехода  $^{137}\text{Cs}$  из почвы в сено многолетней злаково-бобовой травосмеси. Параметры перехода  $^{137}\text{Cs}$  изменялись по годам, в зависимости от укоса и уровней применения минеральных удобрений в широких пределах – в травы первого укоса от 0,06 до 0,24 Бк/кг : кБк/м<sup>2</sup>, в травы второго укоса – от 0,12 до 1,57 Бк/кг : кБк/м<sup>2</sup> (рисунок 2).

В контрольном варианте (без удобрений) коэффициенты перехода  $^{137}\text{Cs}$  варьировали по годам в сене первого укоса в пределах 0,21–0,24 Бк/кг : кБк/м<sup>2</sup>, в сене второго укоса – 0,47–1,57 Бк/кг : кБк/м<sup>2</sup>, а в среднем составили соответственно 0,22 и 0,95 Бк/кг : кБк/м<sup>2</sup>.

Фосфорные и калийные удобрения, внесенные в дозах соответственно 90 и 120 кг/га в начале весенней вегетации многолетних трав, снизили параметры перехода  $^{137}\text{Cs}$  в травы первого укоса в среднем за 3 года на 27 %. Применение под второй укос  $\text{K}_{60}$  на фоне  $\text{P}_{90}\text{K}_{120}$  обеспечило существенное снижение коэффициента перехода радионуклида в растения, который составил в варианте 2 для трав второго укоса в среднем 0,43 Бк/кг : кБк/м<sup>2</sup>.

При внесении полного минерального удобрения (NPK) показатели перехода  $^{137}\text{Cs}$  в сено составили в среднем на травах первого укоса 0,09–0,10 Бк/кг : кБк/м<sup>2</sup>, на травах второго укоса – 0,22–0,29 Бк/кг : кБк/м<sup>2</sup>, то есть были ниже по сравнению с контролем и вариантами, где применяли только фосфорные и калийные удобрения. Как видно из полученных данных, различия в этом показателе, в зависимости от доз азотных удобрений, были незначительными.

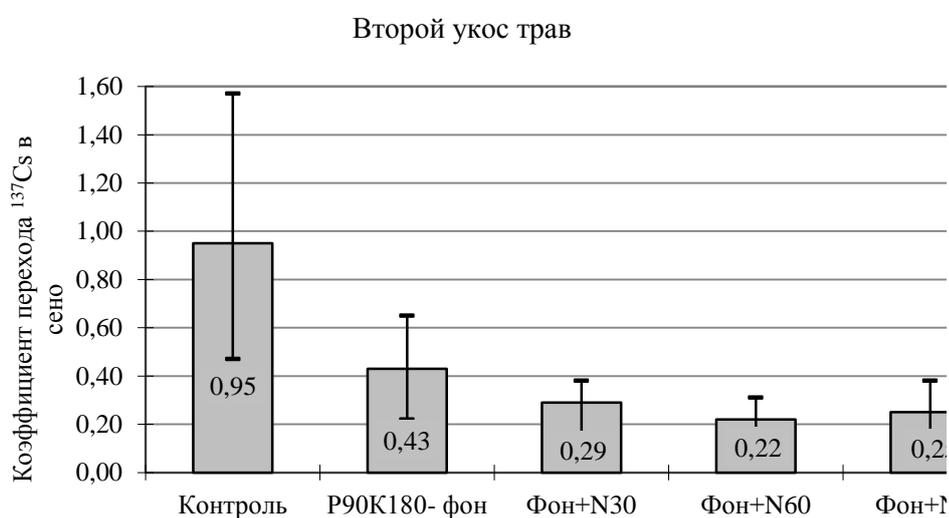
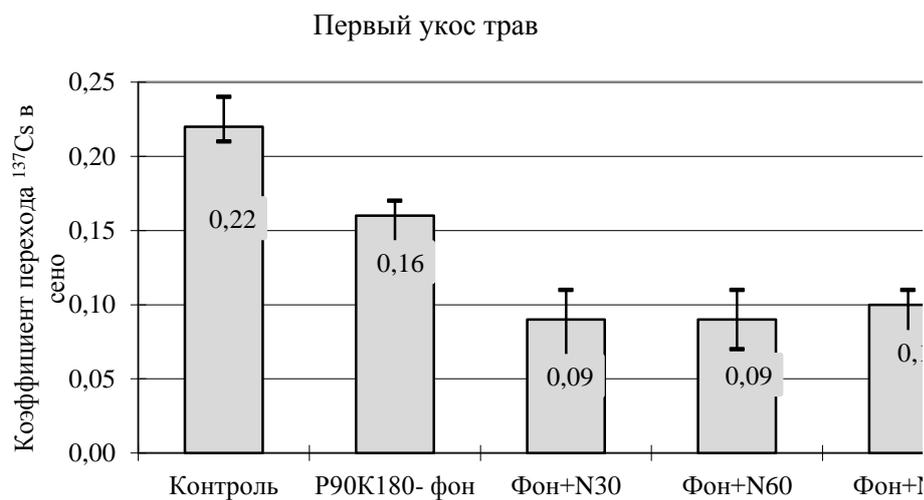


Рисунок 2 – Коэффициенты перехода  $^{137}\text{Cs}$  в сено многолетних трав в зависимости от доз азотных удобрений (Бк/кг: кБк/м<sup>2</sup>)

На рисунке 3 приведены результаты корреляционно-регрессионного анализа 3-летних данных коэффициентов перехода  $^{137}\text{Cs}$  в зерно яровой пшеницы и сено многолетних бобово-злаковых трав, а также продуктивности этих культур.

Установлены обратно пропорциональные зависимости между величиной коэффициентов перехода радионуклида из почвы в растения и уровнем продуктивности возделываемых в опыте сельскохозяйственных культур. С повышением урожайности наблюдалось уменьшение параметра перехода  $^{137}\text{Cs}$  в продукцию. Заметная взаимосвязь ( $R = 0,57$ ) отмечена между переходом радионуклида в зерно и урожайностью яровой пшеницы, а также сильная взаимосвязь ( $R = 0,88$ ) между переходом радионуклида в сено и урожайностью многолетних бобово-злаковых трав.

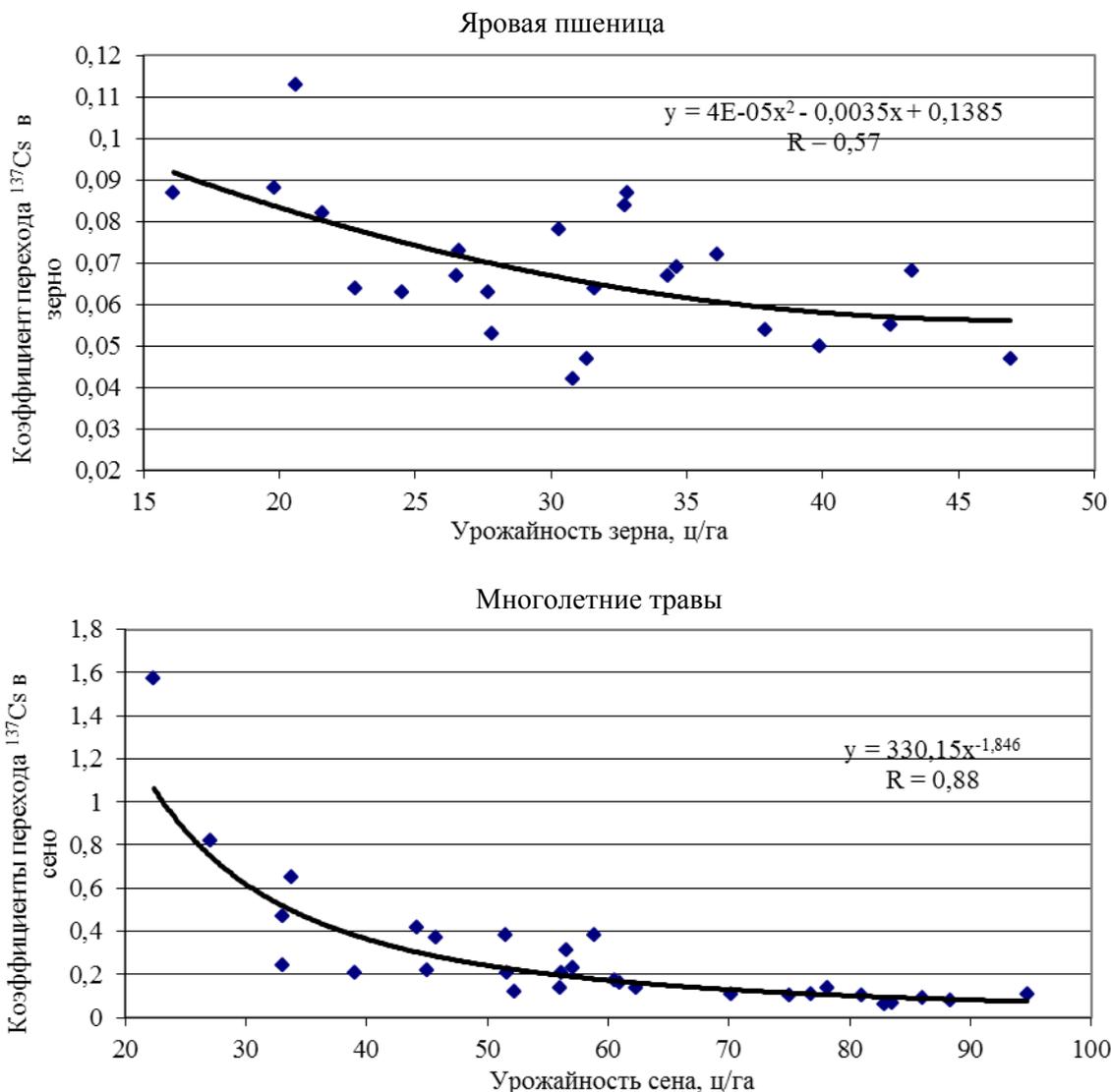


Рисунок 3 – Зависимости коэффициентов перехода  $^{137}\text{Cs}$  в растения от урожайности культур

### Выводы

1. В зависимости от метеорологических условий вегетационного периода различия в параметрах накопления  $^{137}\text{Cs}$  в зерне яровой пшеницы достигают 2,7 раза, в сене многолетних бобово-злаковых трав – 3,6 раза. Травы второго укоса отличаются более высоким содержанием  $^{137}\text{Cs}$  по сравнению с травами первого укоса.

2. Азотные удобрения в дозах до 120 кг/га не оказывают существенного влияния на увеличение поступления  $^{137}\text{Cs}$  в зерно яровой пшеницы. Применение полного минерального удобрения (NPK) способствует снижению накопления  $^{137}\text{Cs}$  яровой пшеницей по отношению к контролю (без удобрений) на 15–22 %. Дополнительные обработки посевов медьсодержащим удобрением и регуляторами роста растений на фоне  $\text{N}_{120}$  уменьшают переход радионуклида в растения по отношению к контролю на 34 %, к фосфорно-калийному фону – на 10 %.

3. Азотные удобрения, вносимые под многолетние бобово-злаковые травы в общих дозах от 30 до 90 кг/га на фоне  $\text{P}_{90}\text{K}_{180}$ , обеспечивают снижение содержания  $^{137}\text{Cs}$  в сене первого укоса (в среднем) в 1,7–2,0 раза, в сене второго укоса в 1,5–1,9 раза по отношению к фосфорно-калийному фону.

4. Влияние азотных удобрений на уменьшение параметров перехода  $^{137}\text{Cs}$  в растения яровой пшеницы и многолетних трав объясняется проявлением эффекта «разбавления» радионуклида благодаря увеличению урожайности культур. Установлены обратно пропорциональные зависимости между величиной коэффициентов перехода  $^{137}\text{Cs}$  из почвы в зерно яровой пшеницы ( $R = 0,57$ ) и сено многолетних бобово-злаковых трав ( $R = 0,88$ ) и уровнем урожайности этих культур. С повышением продуктивности наблюдается снижение удельной активности радионуклида в продукции.

### Список литературы

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. Национальный доклад о состоянии, использовании и охране земельных ресурсов (по сост. на 1 янв. 2011 г.) / Гос. ком. по имуществу Респ. Беларусь ; под ред. Г. И. Кузнецова. – Минск : РУП «БелНИЦзем», 2011. – 184 с.
3. Мееровский, А. С. Проблемы использования и сохранения торфяных почв / А. С. Мееровский, В. П. Трибис // Новости науки и технологий. – 2010. – № 4 (23). – С. 3–9.
4. 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.
5. 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.
6. 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.
7. Рекомендации по ведению сельскохозяйственного производства в условиях радиоактивного загрязнения земель Республики Беларусь на 2012–2016 годы. – Минск, 2012. – 121 с.
8. Роль химии в реабилитации сельскохозяйственных угодий, подвергшихся радиоактивному загрязнению / Н. И. Санжарова [и др.] // Российский химический журнал. – 2005. – Т. XLIX. – № 3. – С. 26–34.
9. Алексахин, Р. М. Поведение  $^{137}\text{Cs}$  в системе почва – растение и влияние внесения удобрений на накопление радионуклида в урожай / Р. М. Алексахин, И. Т. Моисеев, Ф. А. Тихомиров // Агрохимия. – 1992. – № 8. – С. 127–138.
10. Evans, E. J. Effect of nitrogen on caesium-137 in soils and its uptake by oat plants / E. J. Evans, A. J. Dekker // Canadian Journal of Soil Science. – 1968. – Vol. 49. – P. 349–355.
11. Моисеев, И. Т. К вопросу о влиянии минеральных удобрений на доступность  $^{137}\text{Cs}$  из почвы сельскохозяйственными растениями / И. Т. Моисеев, Л. А. Рерих, Ф. А. Тихомиров // Агрохимия. – 1986. – № 2. – С. 89.
12. Тулина, А. С. Агроэкологические аспекты применения азотных удобрений на дерново-подзолистых песчаных почвах, загрязненных  $^{137}\text{Cs}$  : автореф. дис. ... канд. биол. наук / А. С. Тулина. – Москва : ИФХБПП РАН, 2002. – 24 с.
13. Почвы. Отбор проб : ГОСТ 28168-89. Введ. 01.04.90. – Москва : Изд-во стандартов, 1989. – 6 с.
14. СТБ 1056.98. Радиационный контроль. Отбор проб сельхозсырья и кормов. Введ. 01.07.1998. – Минск : Белстандарт, 1998. – 7 с.
15. СТБ 1059.98. Радиационный контроль. Подготовка проб для определения  $^{90}\text{Sr}$  и  $^{137}\text{Cs}$ . Введ. 01.07.1998. – Минск : Белстандарт. – 22 с.
16. ГН №10-117-99. Республиканские допустимые уровни содержания радионуклидов цезия-137 и стронция-90 в пищевых продуктах и питьевой воде (РДУ-99) : утвержден постановлением Главного государственного санитарного врача Республики Беларусь № 6 от 26.04. 1999.
17. Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции» : утвержден Решением Комиссии Таможенного союза № 880 от 9.12. 2011.

**N. N. Tsybulka, A. V. Shashko**

### **INFLUENCE OF RATES OF NITROGEN FERTILIZERS ON THE ACCUMULATION OF $^{137}\text{Cs}$ STRAW WHEAT AND PERENNIAL LEGUME-CEREALS GRASSES ON PEAT-MINERAL SOIL**

*On peat-mineral soil, it has been established that nitrogen fertilizers introduced in rates of  $N_{60-120}$  against the background of  $P_{60}K_{120}$  do not lead to an increase in  $^{137}\text{Cs}$  accumulation in the grain of spring wheat. Additional treatment of crops with copper-containing fertilizer and plant growth regulators against the background of  $N_{120}$  significantly reduces the transfer of the radionuclide into plants. The use of nitrogen for perennial legume-cereals grass in rates of  $N_{30-90}$  helps to reduce the content of  $^{137}\text{Cs}$  in the hay by 34–47 % relative to the background of  $P_{90}K_{180}$ .*