

УДК 631.8:633.2.031

ВОЗДЕЛЫВАНИЕ КОРМОВЫХ КУЛЬТУР В УСЛОВИЯХ РАДИОАКТИВНО
ЗАГРЯЗНЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ

С. Ф. Чесалин, Е. В. Смольский, Н. Н. Бокатуро, А. Г. Агешин

CULTIVATION OF FORAGE CROPS ON RADIOACTIVE CONTAMINATED
TERRITORIES

S. F. Chesalin, E. V. Smolskiy, N. N. Bokaturu, A. G. Ageshin

В результате аварии на Чернобыльской АЭС значительная часть территории юго-запада России оказалась загрязненной радионуклидами.

Одной из важнейших задач, которую необходимо решить в ходе проведения работ по реабилитации сельскохозяйственных угодий, загрязненных радионуклидами вследствие аварии, является разработка технологий, обеспечивающих производство экологически безопасных кормов и на их основе нормативно чистой животноводческой продукции (мясо, молоко).

Трудности получения животноводческой продукции, отвечающей нормативным требованиям по содержанию ^{137}Cs на кормовых угодьях, обусловлены рядом причин. Основная часть ^{137}Cs (от 60 до 90% в зависимости от типа почв) по-прежнему находится в верхнем горизонте почвенного профиля, обогащенном неминерализованной частью растительных остатков. Кроме того, там сосредоточена значительная корневая масса вегетирующих растений, что обуславливает повышенное поглощение радионуклидов травостоем.

Исследования по возделыванию кормовых культур в условиях радиоактивного загрязнения окружающей среды проводили на опытном поле Брянского государственного аграрного университета в Новозыбковском районе Брянской области на дерново-подзолистой песчаной почве. Выявили, что среди одновидовых посевов злаковые кормовые культуры – овес, райграс однолетний, суданская трава, просо – по уровню урожайности уступали желтому люпину в зависимости от фона удобрений в 1,5-3,7 раза. Последовательно возрастающие дозы калия (K_{180} и K_{210}) оказали относительно слабое влияние на увеличение урожайности одновидовых посевов кормовых культур. Под воздействием калийного удобрения снижалось поступление ^{137}Cs в урожай кормовых культур. Гарантированное получение кормовых культур, соответствующих нормативу по содержанию в них ^{137}Cs , обеспечивает внесение калийного удобрения в дозе K_{210} .

люпин желтый, овес, райграс однолетний, суданская трава, просо, урожайность, ^{137}Cs , молоко, мясо, доза внутреннего облучения

As a result of Chernobyl NPP accident a considerable part of the territory of the south-west of Russia became polluted by radionuclides.

One of the major tasks to be solved during the works on recovery of the agricultural lands polluted by radionuclides after the accident is development of the

technologies providing production of ecologically safe forages as well as standard net livestock products (meat, milk) on their basis.

Difficulties of obtaining livestock products meeting the standard requirements for the contents ^{137}Cs on forage lands are caused by a variety of reasons. The main part of ^{137}Cs (from 60 to 90% depending on soil types) still is in the surface soil layer enriched with a non-mineralized part of vegetable remains. Besides, the root of vegetative plants that causes increased absorption of radionuclides by herbage is located there.

Studies on cultivation of forage crops in the conditions of radioactive environmental pollution were conducted on a practice ground Bryansk State Agricultural University in the Novozybkovskiy district of the Bryansk region on the sod-podzol sandy soil. It was found that among one-specific crops grain forage crops – oats, one-year ryegrass, Sudan grass and millet – underperform in the level of productivity depending on fertilizers background by 1,5-3,7 times as compared with yellow lupine. Consistently increasing doses of potassium (K_{180} and K_{210}) had rather weak impact on increase in productivity of one-specific crops of forage crops. Under the influence of potash fertilizer input of ^{137}Cs in the yield of forage crops decreased. The guaranteed obtaining of forage crops with acceptable level of ^{137}Cs provides introduction of potash fertilizer in K_{210} dose.

yellow lupin, oats, one-year ryegrass, Sudan grass, millet, productivity, ^{137}Cs , milk, meat, internal exposure dose

ВВЕДЕНИЕ

В современных условиях основными источниками укрепления кормовой базы являются высокопродуктивные кормовые угодья как ведущее звено полевого кормопроизводства. Укрепление и дальнейшее развитие полевого кормопроизводства неразрывно связано с совершенствованием структуры посевов, восстановлением площадей под кормовыми культурами, повышением энергетической и протеиновой полноценности всех видов кормов, получением экологически безопасной продукции, сохранением и расширением воспроизводства почвенного плодородия. Увеличение доли кормовых культур и повышение их продуктивности оказывают стабилизирующее влияние на агроэкосистему в целом [1, 2].

В настоящее время в структуре посевных площадей сельскохозяйственных предприятий различной формы собственности юго-запада Нечерноземья, куда входит Брянская область, большую долю занимают зерновые культуры, меньшая часть приходится на пропашные и кормовые. Чтобы по возможности изменить ситуацию, необходимо значительно увеличить долю кормовых культур за счет зернобобовых, рапса и суданской травы [3, 4].

Природные и экономические условия региона способствуют увеличению производства и созданию прочной кормовой базы для всех видов животных. Однако часть территории региона находится в зоне, подвергшейся загрязнению в результате аварии на Чернобыльской АЭС. Поэтому продукция животноводства (молоко и мясо) может быть загрязнена радионуклидами, которые далее по трофической цепи поступают в организм человека [5-8].

Получение сельскохозяйственной продукции, соответствующей установленным нормативам, на радиоактивно загрязненных угодьях невозможно без разработки научных основ и особенностей системы земледелия, где важнейшее место приобретает комплекс агрохимических мероприятий [9-11].

Поэтому изучение уровней минерального питания, особенно калийного удобрения, направленных на повышение урожайности нормативно чистых кормовых культур, - актуальные научная и практическая задачи [12, 13].

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЙ

Радиоэкологическое обоснование возделывания кормовых культур в одновидовых посевах в условиях радиоактивного загрязнения окружающей среды.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводили на опытном поле Брянского государственного аграрного университета в Новозыбковском районе Брянской области на дерново-подзолистой песчаной почве. Содержание органического вещества в пахотном слое 2,1-2,3; pH_{KCl} 5,3; сумма поглощенных оснований – 2,0-2,2 мг-экв на 100 г почвы; содержание подвижного P_2O_5 и обменного K_2O (по Кирсанову) 357-383 и 108-112 мг на 1 кг почвы соответственно. Плотность загрязнения опытного участка ^{137}Cs – 850 кБк/м².

Метеорологические условия в годы проведения исследований значительно отличались от среднесезонных данных как по температурному режиму, так и по количеству осадков и их распределению по декадам и месяцам вегетационного периода. Наиболее благоприятным по условиям увлажнения и температурному режиму вегетационного периода был 2012 г. Вегетационные периоды 2011, 2013 гг. оказались менее благоприятными для кормовых культур и характеризовались как засушливые во вторую половину вегетации.

Высевали однолетнюю бобовую культуру люпин желтый (*Lupinus luteus* L.) и однолетние злаковые кормовые культуры овес (*Avena sativa* L.), суданскую траву (*Sorghum sudanensis*), райграс однолетний (*Lolium multiflorum* Lam), просо (*Panicum*).

Общая площадь опытной делянки 60, учетная – 30 м², повторность трехкратная. Форма калийных удобрений – калий хлористый (56% оксида калия).

Учет урожайности сена проводили поделочно методом сплошной уборки [14], во время которой отбирали растительные образцы для проведения анализов на содержание цезия-137 в кормовых культурах. Измерения проводили на универсальном спектрометрическом комплексе УСК «Гамма плюс» с программным обеспечением «Прогресс-2000» [15].

Удельную активность цезия-137 в молоке и мясе рассчитывали через равновесный коэффициент перехода радионуклида из суточного рациона в животноводческую продукцию (при ежесуточном потреблении 5 кг сена). Величину дозы внутреннего облучения, получаемой за счет молока и мяса, рассчитывали согласно методическим указаниям [16] потребления молока и молочных изделий в пересчете на молоко в год - 200,8 л, мяса – 31,4 кг согласно закону Брянской области от 08.06.2001 N 45-3 (ред. от 12.10.2001) «О потребительской корзине в Брянской области».

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЯ

В варианте без применения удобрений наибольшая урожайность установлена у люпина, далее по убыванию расположились суданская трава, просо, овес и райграс. Урожайность сена небобовых культур оказалась ниже урожайности люпина, поскольку лимитировалась в значительной степени минеральным азотом, так как люпин свою потребность в минеральном азоте удовлетворяет за счёт симбиотической азотфиксации. Применение возрастающих доз калийных удобрений повышало урожайность всех культур в эксперименте. При этом калийные удобрения действовали на урожайность в зависимости от биологических особенностей культур по-разному. Наибольшее увеличение в 3 раза по сравнению с фоновыми выявили у райграса, урожайность овса выросла в 1,5 раза, остальные кормовые культуры увеличили урожайность незначительно.

Окупаемость 1 кг минеральных удобрений прибавкой урожая кормовых культур, по существу, основной показатель их эффективности. Он даёт возможность наиболее полно оценить различные дозы калийных удобрений.

Внесение калийных удобрений в дозе K_{180} при возделывании люпина позволяет получать 2,6 кг сена на 1 кг внесенных калийных удобрений. Дальнейшее повышение их дозы на 60 кг действующего вещества (д.в.) увеличивает окупаемость всего до 3,1 кг/кг д.в. (табл. 1).

Таблица 1. Агрономическая эффективность возделывания кормовых культур на сено

Table 1. Agronomical efficiency of forage crops cultivation on hay

Культура (норма высева, млн шт. / га)	Урожайность, т/га			Прибавка урожая, т/га			Окупаемость минеральных удобрений прибавкой урожая, кг/ кг д.в.		
	K_0	K_{180}	K_{210}	K_0	K_{180}	K_{210}	K_0	K_{180}	K_{210}
Люпин (1,0)	5,07	5,54	5,73	-	0,47	0,66	-	2,6	3,1
Овёс (5,0)	1,95	2,77	2,92	-	0,82	0,97	-	4,6	4,6
Райграс однолетний (8,0)	1,48	2,14	4,51	-	0,66	3,03	-	3,7	14,4
Суданская трава (2,0)	3,74	3,86	4,07	-	0,12	0,33	-	0,7	1,6
Просо (5,0)	3,56	3,78	3,96	-	0,22	0,40	-	1,2	1,9

НСП₀₅ удобрений = 1,0
НСП₀₅ видов трав = 0,57

Наибольшая окупаемость выявлена в посевах райграса - 14,4 кг сена при применении калийных удобрений в дозе K_{210} , увеличение окупаемости по сравнению с дозой K_{180} составила 3,8 раза. Применение высоких доз калийных удобрений нецелесообразно, так как окупаемость осталась на том же уровне.

Остальные кормовые культуры, представленные в эксперименте, обладают в разы меньшей окупаемостью.

По-видимому, высокая окупаемость удобрений связана с низким содержанием калия в почве и биологическими особенностями конкретной кормовой культуры.

При радиоактивном загрязнении территории важнейшим показателем качества получаемых кормов является содержание в них радионуклидов, которое не должно превышать принятые нормативы. Для содержания ^{137}Cs в сене принят норматив < 400 Бк/кг [17].

Содержание ^{137}Cs в сене кормовых культур без применения удобрений варьировалось от 328 до 678 Бк/кг в зависимости от видового состава травостоя. Норматив превышен только при возделывании люпина. Сено остальных кормовых культур, полученное в опыте, соответствует ветеринарно-санитарным требованиям качества.

Внесение возрастающих доз калийных удобрений от K_{180} до K_{210} снижает содержание ^{137}Cs в сене кормовых культур в 1,3-3,2 раза по сравнению с контролем в зависимости от культуры. Применение возрастающих доз калийных удобрений снижало удельную активность сена люпина до нормативного показателя (табл. 2).

Таблица 2. Радиоэкологическая оценка применения калийных удобрений при возделывании кормовых культур

Table 2. Radio and ecological assessment of the use of potash fertilizers in cultivation of forage crops

Культура	Удельная активность ^{137}Cs в зеленой массе, Бк/кг			Кратность снижения, раз			Вынос ^{137}Cs с урожаем, кБк/га		
	K_0	K_{180}	K_{210}	K_0	K_{180}	K_{210}	K_0	K_{180}	K_{210}
Люпин	678	354	274	-	1,9	2,5	3437	1961	1570
Овёс	389	170	122	-	2,3	3,2	759	471	356
Райграс однолетний	342	241	144	-	1,4	2,4	506	516	649
Суданская трава	244	189	131	-	1,3	1,9	913	730	533
Просо	328	202	125	-	1,6	2,6	1168	764	495

Наибольший вынос ^{137}Cs из почвы с урожаем выявили на контроле: увеличение дозы калийных удобрений уменьшало его, поэтому при проведении фиторемедиации радиоактивно загрязненных почв необходимо возделывать бобовые культуры без применения удобрений.

Рассматривая миграцию ^{137}Cs из сена в продукцию животноводства, следует отметить, что возделывать кормовые культуры для получения молока и мяса можно и без применения удобрений [18]. Однако в нашем эксперименте при расчете удельной активности продукции животноводства использовали только кормление 5 кг радиоактивно загрязнённого сена, вне эксперимента поступление радионуклидов происходит и с водой, и с кормами, полученными на радиоактивной территории. Поэтому для уменьшения поступления ^{137}Cs необходимо применять калийные удобрения (табл. 3).

Согласно нормам радиационной безопасности (НРБ-99/2009) доза внутреннего облучения не должна превышать 1000 мкЗв/год [19].

В ситуациях, когда уровни радиоактивного загрязнения существенно превышают фоновое содержание и достигают опасных пределов, очень важно дать оценку структуры дозовой нагрузки, т.е. оценить вклад отдельных продуктов питания в общую нагрузку. В эксперименте оценивали молоко и мясо, полученные в условиях скармливания сена разных кормовых культур, загрязненного ^{137}Cs . Также оценивали действия возрастающих доз калийных удобрений на ограничения поступления ^{137}Cs по цепи почва → корм → продукция животноводства → человек (табл. 3).

Таблица 3. Миграция ^{137}Cs по трофической цепи в зависимости от кормовой культуры и уровня использования калийных удобрений

Table 3. Migration ^{137}Cs on a trophic chain according to a fodder crop and the use of potash fertilizers

Культура	Удельная активность ^{137}Cs в молоке, Бк/л			Удельная активность ^{137}Cs в мясе, Бк/л			Доза внутреннего облучения от молока и мяса, мкЗв/год		
	K ₀	K ₁₈₀	K ₂₁₀	K ₀	K ₁₈₀	K ₂₁₀	K ₀	K ₁₈₀	K ₂₁₀
Люпин	34	18	14	136	71	55	144	75	58
Овёс	19	9	6	78	34	24	83	36	26
Райграс однолетний	17	12	7	68	48	29	73	51	31
Суданская трава	12	9	7	49	38	26	52	40	28
Просо	16	10	6	66	40	25	70	43	27

Возделывание люпина на сено без применения минеральных удобрений с последующим его скармливанием животным приводит к наибольшему внутреннему облучению, получаемому за счет потребления продукции животноводства. Использование сена остальных кормовых культур в качестве корма для животных снижает дозу внутреннего облучения за счет продуктов животноводства в два и более раза в зависимости от культуры.

Калийные удобрения в данном случае явились главным барьером в миграции ^{137}Cs из почвы в продукцию кормопроизводства, что позволило снизить его содержание в продукции животноводства и далее уменьшить дозу внутреннего облучения.

Рассматривая в разрезе продукцию животноводства, а именно молоко и мясо, необходимо обратить внимание, что в структуре дозовой нагрузки в молоке содержится большее количество цезия, чем в мясе. При этом необходимо помнить, что в данном случае рассматриваются продукты питания в сыром виде, после готовки или технологической обработки содержание радионуклида будет снижаться.

ВЫВОДЫ

В зависимости от материально-технического обеспечения хозяйств на почвах легкого гранулометрического состава, загрязненных ^{137}Cs , рекомендуем применять технологии возделывания травостоев, соответствующие двум основным критериям:

- агрономической целесообразности: внесение калийных удобрений в дозе K₂₁₀ при возделывании райграса и люпина на сено для использования в качестве корма животным и в дозе K₁₈₀ при возделывании овса;
- экологической безопасности: наибольшее ограничение миграции ^{137}Cs из почвы в продукцию кормопроизводства и далее по пищевой цепи выявили при применении калийных удобрений в дозе K₂₁₀.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Косолапов, В. М. Проблемы и перспективы развития кормопроизводства /В. М. Косолапов, И. А. Трофимов // Кормопроизводство. – 2011. – №2. – С. 4-7.

2. Белоус, Н. М. Социально-экономическое развитие районов Брянской области, пострадавших от Чернобыльской катастрофы / Н. М. Белоус // Вестник Брянской ГСХА. – 2013. – № 4. – С. 41-48.
3. Бельченко, С. А. Развитие аграрно-промышленного комплекса Брянской области / С. А. Бельченко, И. Н. Белоус, М. П. Наумова // Вестник Брянской ГСХА. – 2015. – № 2. – С. 32-35.
4. Белоус, Н. М. Концепция развития животноводства Брянской области / Н. М. Белоус, В. Е. Ториков // Вестник Брянской ГСХА. – 2015. – №3. – С. 59-61.
5. Санжарова, Н. И. Изменение радиационной обстановки в сельском хозяйстве после аварии на Чернобыльской АЭС / Н. И. Санжарова // Агротехнический вестник. – 2010. – №2. – С. 6-9.
6. Сычев, В. Г. Радиоэкологическая оценка применения минеральных удобрений при коренном улучшении пастбищ пойменных угодий / В. Г. Сычев, Н. М. Белоус, Е. В. Смольский // Плодородие. – 2015. – № 3 (84). – С. 2-5.
7. Белоус, И. Н. Продуктивность и качество одновидовых посевов многолетних трав в зависимости от уровня минерального питания / И. Н. Белоус, Е. В. Смольский, В. Ф. Шаповалов // Вестник Брянской ГСХА. – 2012. – №4. – С. 29-33.
8. Влияние фосфорно-калийных удобрений на урожайность и качество сена многолетних трав в условиях радиоактивного загрязнения / Н. М. Белоус [и др.] // Достижения науки и техники АПК. – 2015. – № 3. – С. 33-35.
9. Прогнозирование накопления ^{137}Cs и ^{90}Sr в травостоях основных типов лугов Белорусского Полесья по агрохимическим свойствам почв / Л. Г. Подоляк [и др.] // Радиационная биология. Радиоэкология. – 2005. – Т. 45. – № 1. – С. 100-111.
10. Влияние технологических приемов возделывания сельскохозяйственных культур на накопление ^{137}Cs в урожае / Т. Л. Жигарева [и др.] // Агротехника. – 2003. – № 10. – С. 67-74.
11. Влияние минеральных удобрений и приёмов поверхностного улучшения почвы на урожай и качество зелёной массы многолетних трав / Н. М. Белоус [и др.] // Кормопроизводство. – 2010. – № 4. – С. 15-19.
12. Калийные удобрения как фактор влияния на содержание в зелёной массе многолетних трав цезия-137 / Н. М. Белоус [и др.] // Вестник Брянской ГСХА. – 2012. – № 1. – С. 54-61.
13. Сычев, В. Г. Влияние калийных удобрений на содержание цезия-137 в зелёной массе природных кормовых угодий при поверхностном улучшении / В. Г. Сычев, Н. М. Белоус, Е. В. Смольский // Плодородие. – 2012. – № 1. – С. 2-4.
14. Методика опытов на сенокосах и пастбищах. - Москва: ВНИИ кормов им. В. Р. Вильямса. – 1971. – Ч. 2. – 176 с.
15. Методические указания по определению естественных радионуклидов в почвах и растениях. – Москва: ЦИНАО, 1985. – 20 с.
16. Фокин, А. Д. Сельскохозяйственная радиология: учебник. - 2-е изд., перераб. и доп./ А. Д. Фокин, А. А. Лурье, С. П. Торшин. – Санкт-Петербург: Лань, 2011. – 416 с.
17. Ветеринарно-санитарные требования к радиационной безопасности кормов, кормовых добавок, сырья кормового. Допустимые уровни содержания

радионуклидов ^{90}Sr и ^{137}Cs : Ветеринарные правила и нормы. ВП 13.5.13/06-01 // Ветеринарная патология. – 2002. - №4. – С. 44–45.

18. Гигиенические требования к безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов: Санитарно-эпидемиологические правила и нормы СанПиН 2.3.2.1078-01. - Москва: Минздрав РФ, 2002. – 164 с.

19. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009). – Москва: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2009.

REFERENCES

1. Kosolapov V.M., Trofimov I.A. Problemy i perspektivy razvitiya kormoproizvodstva [Challenges and opportunities of fodder production development]. *Kormoproizvodstvo*, 2011, no. 2, pp. 4-7.

2. Belous N.M. Sotsial'no-ekonomicheskoe razvitie rayonov Bryanskoj oblasti, postradavshikh ot Chernobyl'skoj katastrofy [Social and economic development of the districts in the Bryansk region which suffered from Chernobyl NPP accident]. *Vestnik Bryanskoj GSKhA*, 2013, no. 4, pp. 41-48.

3. Bel'chenko S.A., Belous I.N., Naumova M.P. Razvitie agrarno-promyshlennogo kompleksa Bryanskoj oblasti [Development of the agribusiness industry of the Bryansk region]. *Vestnik Bryanskoj GSKhA*, 2015, no. 2, pp. 32-35.

4. Belous N.M., Torikov V.E. Kontsepsiya razvitiya zhivotnovodstva Bryanskoj oblasti [Development concept of livestock sector in the Bryansk region]. *Vestnik Bryanskoj GSKhA*, 2015, no. 3, pp. 59-61.

5. Sanzharova N.I. Izmenenie radiatsionnoy obstanovki v sel'skom khozyaystve posle avarii na Chernobyl'skoj AES [Radiological environment changes in agriculture after Chernobyl NPP accident]. *Agrokhimicheskiy vestnik*, 2010, no. 2, pp. 6-9.

6. Sychev V.G., Belous N.M., Smol'skiy E.V. Radioekologicheskaya otsenka primeneniya mineral'nykh udobreniy pri korennom uluchshenii pastbishch poymennykh ugodiy [Radioecological assessment of the use of mineral fertilizers in restoring of alluvial lands]. *Plodorodie*, 2015, no. 3 (84), pp. 2-5.

7. Belous I.N., Smol'skiy E.V., Shapovalov V.F. Produktivnost' i kachestvo odnovidovykh posevov mnogoletnikh trav v zavisimosti ot urovnya mineral'nogo pitaniya [Productivity and quality of a specific crops of perennial grass depending on the level of mineral nutrition]. *Vestnik Bryanskoj GSKhA*, 2012, no. 4, pp. 29-33.

8. Belous N.M., Shapovalov V.F., Malyavko G.P., Smol'skiy E.V., Merkelov O.A. Vliyanie fosforno-kaliynykh udobreniy na urozhaynost' i kachestvo sena mnogoletnikh trav v usloviyakh radioaktivnogo zagryazneniya [Influence of phosphoric-potassium fertilizers on productivity and quality of perennial grass seeds under conditions of radioactive pollution]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*, 2015, no. 3, pp. 33-35.

9. Podolyak L.G., Timofeev S.F., Grebenshchikova N.V., Arastovich T.V., Zhdanovich V. Prognozirovanie nakopleniya ^{137}Cs i ^{90}Sr v travostoyakh osnovnykh tipov lugov Belorusskogo Poles'ya po agrokhimicheskim svoystvam pochv [Forecasting of ^{137}Cs and ^{90}Sr accumulation in herbage of the meadows of the Belarusian Polesye according to agrochemical features of soils]. *Radiatsionnaya biologiya. Radioekologiya*, 2005, vol. 45, no. 1, pp. 100-111.

10. Zhigareva T.L., Ratnikov A.N., Aleksakhin R.M., Popova G.I., Petrov K.V., Belous N.M., Kurilenko A.T. Vliyanie tekhnologicheskikh priemov vzdelyvaniya sel'skokhozyaystvennykh kul'tur na nakoplenie ^{137}Cs v urozhae [Effect of processing methods for crops growing on ^{137}Cs accumulation in harvest]. *Agrokhimiya*, 2003, no. 10, pp. 67–74.
11. Belous N.M., Kharkevich L.P., Shapovalov V.F., Krotova E.A. Vliyanie mineral'nykh udobreniy i priemov poverkhnostnogo uluchsheniya pochvy na urozhay i kachestvo zelenoy massy mnogoletnikh trav [Effect of mineral fertilizers and techniques of soil surface improvement on harvest and quality of the herbage of perennial grass]. *Kormoproizvodstvo*, 2010, no. 4, pp. 15-19.
12. Belous N.M., Anishina Yu.A., Shapovalov V.F., Smol'skiy E.V. Kaliynye udobreniya kak faktor vliyaniya na sodержание v zelenoy masse mnogoletnikh trav tseziya-137 [Potash fertilizers as a influence factor of the content of ^{137}Cs in the herbage of perennial grass]. *Vestnik Bryanskoy GSKhA*, 2012, no. 1, pp. 54-61.
13. Sychev V.G., Belous N. M., Smol'skiy E. V. Vliyanie kaliynykh udobreniy na sodержание tseziya-137 v zelenoy masse prirodnykh kormovykh ugodiy pri poverkhnostnom uluchshenii [Influence of potash fertilizers on ^{137}Cs content in the herbage of forage lands in simplified improvement]. *Plodorodie*, 2012, no. 1, pp. 2-4.
14. *Metodika opytov na senokosakh i pastbishchakh* [Experimental procedure on hay and pasture fields]. Moscow, VNI kormov im. V.R. Vil'yamsa. 1971, part 2, 176 p.
15. *Metodicheskie ukazaniya po opredeleniyu estestvennykh radionuklidov v pochvakh i rasteniyakh* [Guidelines on determining naturally occurring radionuclides in soils and plants]. Moscow, TsINAO, 1985, 20 p.
16. Fokin A.D., Lur'e A.A., Torshin S.P. *Sel'skokhozyaystvennaya radiologiya: uchebnyk* [Agricultural radiology: student's book]. Saint-Petersburg, Lan', 2011, 416 p.
17. Veterinarno-sanitarnye trebovaniya k radiatsionnoy bezopasnosti kormov, kormovykh dobavok, syr'ya kormovogo. Dopustimye urovni sodержaniya radionuklidov ^{90}Sr i ^{137}Cs : Veterinarnye pravila i normy. VP 13.5.13/06-01. Veterinar. Patologiya. 2002, no. 4, pp. 44–45.
18. Gigenicheskie trebovaniya k bezopasnosti i pishchevoy tsennosti pishchevykh produktov: Sanitarno-epidemiologicheskie pravila i normy SanPiN 2.3.2.1078-01. Moscow, Minzdrav RF, 2002, 164 p.
19. Normy radiatsionnoy bezopasnosti (NRB-99/2009). Moscow, Federal'nyy tsentr gigeny i epidemiologii Rospotrebnadzora, 2009.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Чесалин Сергей Федорович – Брянский государственный аграрный университет; кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник кафедры агрохимии, почвоведения и экологии; E-mail: sev_84@mail.ru

Chesalin Sergey Fiodorovich – Bryansk State Agricultural University; PhD, research associate of the Department of agrochemistry, soil science and ecology; E-mail: sev_84@mail.ru

Смольский Евгений Владимирович – Брянский государственный аграрный университет; кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник кафедры агрохимии, почвоведения и экологии; e-mail: sev_84@mail.ru

Smolskiy Evgeniy Vladimirovich – Bryansk State Agricultural University; PhD, research associate of the Department of agrochemistry, soil science and ecology; E-mail: sev_84@mail.ru

Бокатуро Николай Николаевич – Брянский государственный аграрный университет; аспирант кафедры агрохимии, почвоведения и экологии

Bokaturо Nikolay Nikolaevich – Bryansk State Agricultural University; postgraduate student of the Department of agrochemistry, soil science and ecology

Агешин Алексей Геннадьевич – Брянский государственный аграрный университет; аспирант кафедры агрохимии, почвоведения и экологии

Ageshin Alexey Gennadievich – Bryansk State Agricultural University; postgraduate student of the department of agrochemistry, soil science and ecology