DOI: 10.21870/0131-3878-2019-28-3-36-46

УДК 637.16:546.36.02.137:614.876(470.333)

Вероятность получения молока и кормов, не соответствующих допустимым уровням содержания ^{137}Cs на территории юго-запада Брянской области в отдалённый период после аварии на Чернобыльской АЭС

Белоус Н.М.¹, Прудников П.В.², Щеглов А.М.³, Смольский Е.В.¹,
Белоус И.Н.¹, Силаев А.Л.¹

¹ Брянский государственный аграрный университет (ФГБОУ ВО Брянский ГАУ), Брянская область;

² Центр химизации и сельскохозяйственной радиологии «Брянский», Брянск;

³ Управление Россельхознадзора по Брянской и Смоленской областям, Брянск

Для периода с 2010 по 2017 гг. был рассчитан и проанализирован риск получения некоторых видов сельскохозяйственной продукции, не соответствующей допустимому уровню по содержанию ^{137}Cs с учётом почвенных условий на территории юго-запада Брянской области. В исследованиях использовали ежегодные данные Брянской межобластной ветеринарной лаборатории об уровнях загрязнения ^{137}Cs молока и продукции кормопроизводства. Риск получения продукции, не соответствующей нормативу по уровню содержания ^{137}Cs , находили как отношение продукции с содержанием радионуклидов выше допустимого уровня к общему объёму произведённой продукции. Исследования выявили сильную вариацию показателей уровней загрязнения продукции ^{137}Cs в отдалённый период после аварии на ЧАЭС для всех рассматриваемых районов. Для 24,7% общественных хозяйств Гордеевского района Брянской области выявлен риск получения молока с превышением допустимого уровня по ^{137}Cs . Ведение личного подсобного хозяйства в условиях радиоактивного загрязнения территории повышает риск получения молока с превышением допустимого уровня по содержанию ^{137}Cs . В исследуемых районах установили увеличение (до 2 раз и более) риска в сравнении с общественными хозяйствующими объектами в зависимости от района, что обусловлено повышенным уровнем радиоактивного загрязнения мест, в которых ведётся выпас частного поголовья скота, и отсутствием мер активной радиационной защиты этих площадей. Риск получения грубых и сочных кормов с максимальным превышением допустимого уровня обнаружен в Гордеевском районе. Несмотря на проведённые мероприятия по реабилитации радиоактивно загрязнённых территорий, в районах юго-запада Брянской области ситуация с ведением молочного животноводства и луговодства по-прежнему остаётся критичной. Особенно это характерно для частного сектора. В целом, представленные исследования выявили потребность в проведении реабилитации не только территорий общественных хозяйств, но и, в большей степени, личных подсобных.

Ключевые слова: юго-запад Брянской области, общественные хозяйства, личные подсобные хозяйства, радиоактивное загрязнение, отдалённый период, допустимый уровень содержания ^{137}Cs , продукция кормопроизводства, молоко, риск превышения допустимого уровня, доза внутреннего облучения.

Введение

Территория Брянской области вследствие аварии на Чернобыльской АЭС в 1986 г. и последовавших за ней радиоактивных выпадений является самой загрязнённой в Российской Федерации как по площади, так и по количеству выпавших искусственных радионуклидов. В числе наиболее пострадавших оказались семь районов юго-запада области, занимающих площадь 8373 км², что составляет 24% территории области [1-3].

С момента радиоактивного загрязнения прошло более 30 лет, что соответствует периоду полураспада основных дозообразующих радионуклидов, однако радиозэкологическая обстанов-

Белоус Н.М. – ректор, д.с.-х.н., проф.; Смольский Е.В.* – доцент, к.с.-х.н.; Белоус И.Н. – директор филиала, доцент, к.с.-х.н.; Силаев А.Л. – зав. кафедрой, доцент, к.с.-х.н. ФГБОУ ВО Брянский ГАУ. Прудников П.В. – директор, д.с.-х.н., ФГБУ «Брянскагрохимрадиология». Щеглов А.М. – руководитель, Управление Россельхознадзора по Брянской и Смоленской областям.

*Контакты: 243365, Брянская обл., Выгоничский р-н, с. Кокино, ул. Советская, 2а. Тел.: +79208317347; e-mail: sev_84@mail.ru.

ка на территории Гордеевского, Злынковского, Клинцовского, Красногорского и Новозыбковского районов Брянской области остаётся неблагоприятной для нормального проживания и жизнедеятельности людей. Это обусловлено в значительной степени почвенно-геохимическими особенностями загрязнённой территории, главным образом преобладанием почв лёгкого гранулометрического состава с низкой ёмкостью катионного обмена и соответственно высокими темпами миграции радионуклидов. Использование пастбищ и сенокосов для производства кормов на таких почвах ведёт к получению животноводческой продукции, не соответствующей допустимым уровням содержания ^{137}Cs [4-6].

В современных условиях необходимо предложить такое направление развития сельского хозяйства юго-запада региона, которое будет способствовать обеспечению радиационной безопасности населения и приведёт к экономическому росту территорий, подвергшихся радиоактивному загрязнению. Поэтому проведение мероприятий реабилитации радиоактивно загрязнённой территории остаётся главным способом обеспечения населения нормативно «чистыми» продуктами питания.

Получение молока крупного рогатого скота на пойменных лугах юго-запада Брянской области, с содержанием ^{137}Cs в пределах норматива, затрудняется присутствием в корнеобитаемом слое значительного количества ^{137}Cs , а также низкими показателями естественного плодородия аллювиальных почв [7].

История применения реабилитационных мероприятий на радиоактивно загрязнённых территориях после аварии на Чернобыльской АЭС носила различный характер. В основе защитных мероприятий после выпадения радиоактивных осадков лежало ограничение содержания в личных подсобных хозяйствах скота и потребления лесных продуктов, это существенно снизило вклад молочного и лесного компонентов в дозу внутреннего облучения населения. Однако абсолютного эффекта эта мера не имела, поэтому, начиная с 1990 г., на радиоактивно загрязнённых территориях стали проводить окультуривание сенокосов и пастбищ, а с 1994 г. активно применять препараты, содержащие ферроцин, который сорбировал ^{137}Cs , поступающий в организм животного с кормами [8-10].

В поставарийный период миграция радионуклидов в звене почва-растение и далее по трофической цепи носила черты относительно равновесного состояния [11].

В настоящее время радиационная обстановка в Брянской области существенно улучшилась, но решить проблему обеспечения населения нормативно чистыми продуктами питания по содержанию ^{137}Cs до сих пор полностью не удалось. При этом особое внимание следует уделять критическим пищевым продуктам, которые вносят основной вклад в формирование дозы внутреннего облучения населения. В этом отношении для юго-запада Брянской области молоко является таким критическим продуктом питания, который требует постоянного контроля динамики изменения концентрации ^{137}Cs .

Для оценки накопления и прогноза перехода искусственных долгоживущих радионуклидов из грубых и сочных кормов в продукцию животноводства, а в конечном итоге получение нормативно «чистого» молока, необходимо определение допустимых уровней загрязнения [12].

Возникает необходимость применения вероятностных подходов, что особенно важно для решения практически значимых задач, касающихся производства и последующего использования продукции, полученной на радиоактивно загрязнённой сельскохозяйственной территории. Риск получения продуктов сельскохозяйственного производства, не соответствующих допустимым уровням загрязнения, является ключевой вероятностной характеристикой [12, 13].

Цель исследования – анализ риска производства продукции животноводства и кормопроизводства с превышением допустимых уровней по содержанию ^{137}Cs в зависимости от почвенно-климатических ресурсов в отдалённый период после радиоактивного загрязнения юго-западных районов Брянской области.

Материалы и методы

На основе данных ФГБУ «Брянскагрохимрадиология» был проведён анализ изменения радиационного состояния почв Брянской области, а также оценена необходимость агрохимических мероприятий в наиболее радиоактивно загрязнённых юго-западных районах.

Для расчёта риска получения сельскохозяйственной продукции, не отвечающей допустимым уровням загрязнения ^{137}Cs , в некоторых районах юго-запада Брянской области были использованы результаты ежегодных мониторинговых наблюдений ФГБУ «Брянская межобластная ветеринарная лаборатория» за период с 2010 по 2017 г. Эти данные включали величины загрязнения ^{137}Cs продукции кормопроизводства (трава и сено) и животноводства (молоко) в общественных хозяйствах (СПК) и населённых пунктах (ЛПХ) в отдалённый период после аварии на Чернобыльской АЭС. Так, документы, устанавливающие допустимый уровень содержания ^{137}Cs в молоке не более 100 Бк/л, с 2010 по 2013 г. регламентировал Технический регламент на молоко и молочную продукцию № 88-ФЗ от 12.06.2008 г., а с 2014 по 2017 г. – Технический регламент Таможенного Союза «О безопасности пищевой продукции» ТР ТС 021/2011. Допустимый уровень содержания ^{137}Cs в траве и сене до 2017 г. регламентировали «Ветеринарные правила и нормы» ВП 13.5.13/09-00 (соответственно 100 и 400 Бк/кг), а с 2017 г. по Инструкции о радиологическом контроле качества кормов № 13-7-2/216 допускается содержание ^{137}Cs в траве 370 Бк/кг, а в сене – 600 Бк/кг.

На основе нормативов провели анализ риска получения продукции животноводства и кормопроизводства, который представлял собой долю продукции, содержащую радионуклиды с концентрациями, превышающими допустимые значения, и имел следующий вид [8]:

$$R = V / V_0,$$

где V – количество загрязнённой продукции; V_0 – суммарный объём продукции.

Для расчётов использовались выборки данных по каждому виду продукции (табл. 1).

Таблица 1

Объём выборок данных за период с 2010 по 2017 гг. по загрязнению ^{137}Cs отдельных видов сельскохозяйственной продукции

Район	Общественные хозяйства			Личные хозяйства		
	молоко	трава	сено	молоко	трава	сено
Новозыбковский	1858	1699	2255	2859	646	1477
Злынковский	358	442	687	2456	1051	1544
Клинцовский	1217	1206	1280	2871	1117	1276
Гордеевский	1381	789	727	2024	620	1077
Красногорский	1136	816	932	4218	999	2179

Использование такого показателя как риск вполне уместно и корректно для анализа и обеспечения продовольственной безопасности, а также страхования аграрного производства на загрязнённых после радиационных аварий территориях.

При этом необходимо отметить, что наблюдали снижение количества населённых пунктов в юго-западных районах Брянской области, в которых проводили отбор образцов молока и кормов, это связано с переводом некоторых населённых пунктов в зону с более низким уровнем загрязнения согласно «Постановления правительства РФ» от 08.10.2015 г. № 1074.

Модель перехода ^{137}Cs из продукции кормопроизводства в молоко в зависимости от применяемых агротехнических и агрохимических приёмов при возделывании мятликовых трав на пойменном лугу исследовали в условиях лугового участка центральной поймы заливного луга в Новозыбковском районе Брянской области в период с 2014 по 2016 г. Плотность загрязнения аллювиальной почвы ^{137}Cs в период проведения исследований составляла в пределах 559-867 кБк/м^2 . Почва характеризовалась следующими агрохимическими показателями: содержание гумуса – 3,08-3,33% (по Тюрину), рН KCl – 5,2-5,6, подвижных форм фосфора и обменного калия по Кирсанову – соответственно 620-840 и 133-180 мг/кг .

Агротехнические мероприятия включали поверхностную обработку и коренную с посевом мятликовой травосмеси многолетних трав: овсяница луговая – 6, лисохвост луговой – 5, двукосточник тростниковый – 7 кг/га .

В системе удобрения применяли следующие минеральные удобрения: аммиачная селитра, суперфосфат двойной гранулированный, калий хлористый.

Удельную активность ^{137}Cs в растительных образцах (первый укос – с 1-10 июня, второй укос – в период с 23 августа по 1 сентября) определяли на УКС Гамма Плюс (НПП «Доза», Россия), ошибка измерений не превышала 10%. Удельную активность молока рассчитывали как произведение суточного поступления корма (зелёная масса 50 кг , сено 5 кг), удельной активности корма и коэффициента перехода радионуклида из суточного рациона сельскохозяйственных животных в 1 (кг) л продукции животноводства [14].

Результаты и обсуждение

Анализ радиационной обстановки свидетельствует, что реализация комплекса реабилитационных мероприятий для обеспечения безопасного проживания населения позволила во многом смягчить последствия чернобыльской аварии. По данным центра «Брянскагрохимрадиология» снижение средневзвешенной плотности загрязнения почв сельскохозяйственных угодий на начало 2016 г. по отношению к маю 1986 г. по области составило 47%, пашни – 43%, а сенокосов и пастбищ – 58%, в наиболее загрязнённых юго-западных районах снижение сельскохозяйственных угодий составило 45%, пашни – 40%, сенокосов и пастбищ – 55%.

При этом наиболее загрязнёнными сельскохозяйственными угодьями на юго-западе Брянской области оказались сенокосы и пастбища (рис. 1).

Рис. 1. Средневзвешенная плотность загрязнения ^{137}Cs сельскохозяйственных угодий юго-западных районов Брянской области, кБк/м^2 (данные ФГБУ «Брянскагрохимрадиология» на 01.01.2016 г.).

Исходя из плотности загрязнения юго-западных районов, наиболее напряжённая ситуация в производстве кормов на естественных кормовых угодьях складывается в Новозыбковском и Гордеевском районах.

В табл. 2 показана сравнительная характеристика распределения площадей сенокосов и пастбищ по группам загрязнения, из которой следует, что наибольшая доля площадей, на которых необходимо проводить реабилитационные мероприятия, находится в Новозыбковском районе – 90,5%, Гордеевском – 73,1% и Злынковском – 65,1%.

Таблица 2

**Распределение площадей почв сенокосов и пастбищ по группам загрязнения
в разрезе юго-западных районов Брянской области
(данные ФГБУ «Брянскагрохимрадиология» на 01.01.2016 г.)**

Район, площадь		Плотность загрязнения ^{137}Cs , кБк/м ²				
		менее 37	37-185	185-555	555-1480	свыше 1481
Гордеевский	га	358	5824	12550	4175	138
	%	1,6	25,3	54,4	18,1	0,6
Злынковский	га	530	2120	3621	1230	91
	%	7	27,9	47,7	16,2	1,2
Клинцовский	га	3406	6232	6474	2558	-
	%	18,2	33,4	34,7	13,7	-
Красногорский	га	742	10239	5351	2391	177
	%	4,0	54,1	28,3	12,6	1,0
Новозыбковский	га	-	1965	10181	7806	704
	%	-	9,5	49,3	37,8	3,4
Брянская область	га	288443	63209	43135	18160	1110
	%	69,6	15,3	10,4	4,4	0,3

Необходимо подчеркнуть, что почвенный покров сельскохозяйственных угодий, используемых для производства кормов в хозяйствах юго-запада Брянской области, в основном представлен песчаными и супесчаными почвами с низким естественным плодородием. Отмеченные свойства почв обуславливают относительно слабую фиксацию ^{137}Cs , что приводит к его повышенной подвижности в системе почва-растение, первом трофическом уровне питания сельскохозяйственных животных [15, 16].

Именно низкое естественное плодородие, наряду с высокой плотностью загрязнения ^{137}Cs , усугубляет ситуацию с получением кормов, отвечающих допустимым уровням по содержанию в них радионуклидов. Около половины всех сенокосов и пастбищ нуждаются в известковании, за исключением Красногорского района (табл. 3).

Таблица 3

**Площади почв сенокосов и пастбищ с уровнем загрязнения ^{137}Cs свыше 185 кБк/м²,
нуждающихся в первоочередном проведении агрохимических мероприятий на
территории юго-западных районов Брянской области (данные ФГБУ
«Брянскагрохимрадиология» на 01.11.2015 г.)**

Район	рН _{КСЛ} до 5,6		Р ₂ О ₅ до 15		К ₂ О до 17	
			мг/кг почвы			
	га	%	га	%	га	%
Гордеевский	8914	53,8	12919	77,9	15992	96,4
Злынковский	2545	51,5	2772	56,1	4530	91,7
Клинцовский	4571	48,8	6840	73,0	8949	95,5
Красногорский	2511	31,7	4635	58,5	6189	78,2
Новозыбковский	7441	42,4	10893	62,0	14961	85,2

Земель сенокосов и пастбищ с низким содержанием калия, антагониста ^{137}Cs , и нуждающихся в постоянном внесении калийных удобрений на юго-западе Брянской области в зависимости от района – от 78 до 96%.

В связи с этим, в настоящее время необходимо при разработке системы защитных мероприятий принятие адресной помощи сельскохозяйственным предприятиям и населённым пунктам в зависимости от почвенных условий и степени загрязнения территорий ^{137}Cs .

Во многом состояние плодородия кормовых угодий и степень их загрязнения объясняют ситуацию в общественных и личных хозяйствах, где отмечается высокий риск превышения допустимого уровня содержания ^{137}Cs в кормах и, как следствие этого, в молоке.

Основным критерием, определяющим необходимость проведения защитных мероприятий в сельском хозяйстве, является превышение нормативов содержания радионуклидов в продукции агропромышленного производства, что ограничивает её использование.

Данные о риске получения молока, производимого в общественных и личных хозяйствах района, не соответствующего допустимому уровню, приведены в табл. 4. Из неё следует, что средний процент риска в период 2010-2017 гг. по районам и категориям хозяйств различался.

Наибольший риск превышения нормативов по содержанию ^{137}Cs обнаружили в личных хозяйствах, который по молоку колебался в зависимости от района от 10,0 до 45,6%, по кормам в зависимости от вида – от 15,6 до 53,3%.

Необходимо отметить, что в общественных хозяйствах риск получения молока и продукции кормопроизводства, не соответствующего допустимым уровням по содержанию ^{137}Cs , был меньше в сравнении с личными хозяйствами. По-видимому, это связано с повышенным уровнем радиоактивного загрязнения мест, в которых ведётся выпас частного поголовья скота, и отсутствием мер активной радиационной защиты этих территорий.

Таблица 4

Риск получения молока и кормов, не соответствующих допустимым уровням по содержанию ^{137}Cs , в юго-западных районах Брянской области, % (среднее за 2010-2017 гг.)

Район	Общественные хозяйства			Личные хозяйства		
	молоко	травы	сено	молоко	травы	сено
Новозыбковский	4,3	31,3	12,9	10,0	38,7	15,6
Злынковский	0,0	21,2	16,4	19,4	35,3	29,2
Клинцовский	7,2	35,0	16,0	15,7	43,0	19,7
Гордеевский	24,7	38,4	34,7	45,9	51,4	53,3
Красногорский	4,1	28,5	6,7	26,0	50,3	38,2

Высокая вероятность получения загрязнённой продукции животноводства и кормопроизводства отмечена в Гордеевском районе, который является одним из самых радиоактивно загрязнённых.

В то же время выявили высокую вариабельность загрязнения ^{137}Cs продукции животноводства и кормопроизводства во всех районах. В хозяйствах юго-западных районов разница между минимальными и максимальными значениями содержания ^{137}Cs в молоке и кормах превышала десятки раз, что говорит о неравномерности радиоактивного загрязнения (табл. 5).

Это показывает, что необходимо осуществлять адресную помощь в проведении защитных мероприятий. В то же время, превышение нормативов будет носить долговременный характер.

Таблица 5

Усреднённые максимальные и минимальные значения содержания ^{137}Cs в молоке и кормах в юго-западных районах Брянской области (за 2010-2017 гг.)

Район	Общественные хозяйства						Личные хозяйства					
	молоко		трава		сено		молоко		трава		сено	
	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min
Новозыбковский	159	5	1506	16	2918	24	187	4	597	17	1985	28
Злынковский	62	2	451	9	1879	23	306	1	1477	6	2374	9
Клинцовский	208	4	3452	8	3127	4	257	3	1759	9	2345	4
Гордеевский	298	19	730	16	1003	36	326	18	356	17	803	43
Красногорский	103	5	1070	11	890	18	202	4	1614	14	2379	18

Прогнозирование миграции ^{137}Cs по трофической цепи от продуцентов к консументам первого порядка позволило установить, что при плотности загрязнения территории ^{137}Cs свыше 555 кБк/м^2 в природно-климатических условиях центрального луга поймы реки Ипуть на юго-западе Брянской области при применении организационных и агротехнических мероприятий невозможно получать зелёную массу трав и сено с допустимым содержанием в них ^{137}Cs , как при нормативе соответственно 100 и 400 Бк/кг, так и соответственно 370 и 600 Бк/кг. Ежедневное скармливание такого корма ведёт к получению молока, не соответствующего нормативам по содержанию в нём ^{137}Cs (табл. 6).

Таблица 6

Модель перехода ^{137}Cs из кормов в молоко в зависимости от агротехнических и агрохимических мероприятий, применяемых при возделывании мятликовых трав на пойменном лугу (среднее за 2014-2016 гг.)

Вариант	Поверхностное улучшение				Коренное улучшение			
	зелёная масса	молоко	сено	молоко	зелёная масса	молоко	сено	молоко
первый укос								
Контроль	1575	788	3352	168	1065	533	2244	112
$\text{P}_{60}\text{K}_{45}$	218	109	476	24	115	58	357	18
$\text{N}_{45}\text{P}_{60}\text{K}_{45}$	225	113	1113	56	215	108	822	41
$\text{N}_{45}\text{P}_{60}\text{K}_{60}$	213	107	691	35	209	105	463	23
$\text{N}_{45}\text{P}_{60}\text{K}_{75}$	137	69	375	19	135	68	256	13
второй укос								
Контроль	1614	807	3197	160	1150	575	2172	109
K_{45}	136	68	364	18	88	44	350	18
$\text{N}_{45}\text{K}_{45}$	307	154	851	43	256	128	786	39
$\text{N}_{45}\text{K}_{60}$	255	128	502	25	219	110	472	24
$\text{N}_{45}\text{K}_{75}$	147	74	278	14	137	69	264	13

Совместное проведение организационных, агротехнических и агрохимических мероприятий приводит к снижению содержания радионуклида в продукции, как кормопроизводства, так и животноводства.

Однако необходимо соблюдать соотношения между вносимыми элементами питания, так как азотные удобрения увеличивали содержание ^{137}Cs в кормах, что увеличивало миграцию радионуклида в молоко. Повышение доз калийных удобрений нивелировало негативное действие азотных удобрений.

Следует обратить внимание, что по расчётным данным при скармливании зелёной массы трав с содержанием ^{137}Cs в пределах 209-307 Бк/кг (норматив 370 Бк/кг), полученное молоко не будет соответствовать допустимым уровням по содержанию ^{137}Cs .

Наши расчёты подтверждают, что тип содержания животных (пастбищный или стойловый) существенно влияет на интенсивность снижения концентрации ^{137}Cs в молоке, что объясняется разными условиями содержания и кормовым рационом.

При использовании пойменного луга с плотностью загрязнения почвы свыше 555 Бк/м^2 для получения грубых и сочных кормов, с последующим их скормливанием крупному рогатому скоту, необходимо применять калийные удобрения, которые снижают миграцию ^{137}Cs в цепи почва-растение-продукция животноводства, что в конечном счёте, снижает дозу внутреннего облучения, полученную за счёт продуктов животноводства.

Заключение

Несмотря на проведённые защитные мероприятия по реабилитации радиоактивно загрязнённых территорий в районах юго-запада Брянской области, ситуация с ведением молочного животноводства и кормопроизводства по-прежнему остаётся критичной. Особенно это характерно для частного сектора, где из общего объёма получаемого молока от 10,0 до 45,9% (в зависимости от района) превышает допустимый уровень. Поэтому необходимо применять калийные удобрения, которые, препятствуя переходу ^{137}Cs из почвы в растения, способствуют получению нормативно чистой продукции животноводства. Следует обратить внимание, что скормливание зелёной массы трав, соответствующей нормативу в 370 Бк/кг по ^{137}Cs , в условиях юго-запада Брянской области не даёт полной уверенности в получении молока, соответствующего допустимому уровню по содержанию ^{137}Cs .

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и администрации Брянской области в рамках научного проекта № 18-44-320001.

Литература

1. **Алексахин Р.М., Лунёв М.И.** Техногенное загрязнение сельскохозяйственных угодий (исследования, контроль и реабилитация территорий) //Плодородие. 2011. № 3. С. 32-35.
2. **Alexakhin R., Geras'kin S.** 25 years after the accident at the Chernobyl nuclear power plant: radioecological lessons //Radioprotection. 2011. V. 46. P. 595-600.
3. **Сычев В.Г., Лунёв В.И., Орлов П.М., Белоус Н.М.** Чернобыль: радиационный мониторинг сельскохозяйственных угодий и агрохимические аспекты снижения последствий радиоактивного загрязнения почв (к 30-летию техногенной аварии на Чернобыльской АЭС). М.: ВНИИА, 2016. 184 с.
4. **Белоус Н.М., Подоляк А.Г., Карпенко А.Ф., Смольский Е.В.** Эффективность защитных мероприятий при реабилитации кормовых угодий России и Беларуси, загрязнённых после катастрофы на Чернобыльской АЭС //Радиационная биология. Радиоэкология. 2016. Т. 56, № 4. С. 405-413.
5. **Аверин В.С., Подоляк А.Г.** Роль защитных мероприятий для снижения доз облучения населения и получения нормативно чистой сельскохозяйственной продукции //Белорусское сельское хозяйство. 2010. № 4. С. 18-22.
6. **Харкевич Л.П., Белоус И.Н., Анишина Ю.А.** Реабилитации радиоактивно загрязнённых сенокосов и пастбищ: монография. Брянск, 2011. 211 с.
7. **Белоус Н.М., Смольский Е.В., Чесалин С.Ф., Шаповалов В.Ф.** Роль минерального калия в снижении поступления ^{137}Cs в кормовые травы и повышении их урожайности на радиоактивно загрязнённых угодьях //Сельскохозяйственная биология. 2016. Т. 51, № 4. С. 543-552.
8. **Фесенко С.В., Пахомов А.Ю., Пастернак А.Д., Горяинов В.А., Фесенко Г.А., Панов А.В.** Закономерности изменения содержания ^{137}Cs в молоке в отдалённый период после аварии на Чернобыльской АЭС //Радиационная биология. Радиоэкология. 2004. Т. 44, № 3. С. 336-345.
9. **Fesenko S., Isamov N., Barnett C.L., Beresford N.A., Howard B.J., Sanzharova N., Fesenko E.** Review of Russian language studies on radionuclide behaviour in agricultural animals: biological half-lives //J. Environ. Radioact. 2015. V. 142. P. 136-151.
10. **Крапивина Е.В., Федоров Ю.Н., Мартынова Е.В., Иванов Д.В., Малиненко П.Е.** Активность защитных механизмов у молодняка крупного рогатого скота при повышенной плотности загрязнения почвы радиоцезием под влиянием препарата эпофен //Сельскохозяйственная биология. 2005. № 6. С. 69-73.
11. **Панов А.В., Фесенко С.В., Алексахин Р.М.** Эффективность мероприятий, направленных на снижение доз облучения жителей сельских населённых пунктов в отдалённый период после аварии на Чернобыльской АЭС //Радиационная биология. Радиоэкология. 2001. Т. 41, № 6. С. 682-694.
12. **Спиридонов С.И., Иванов В.В.** Вероятностная оценка накопления радионуклидов в сельскохозяйственной продукции и допустимых уровней радиоактивного загрязнения почв //Радиационная биология. Радиоэкология. 2013. Т. 53, № 1. С. 95-103.
13. **Fesenko S., Jacob P., Ulanovsky A., Chupov A., Bogdevich I., Sanzharova N., Kashparov V., Panov A., Zhuchenka Yu.** Justification of remediation strategies in the long term after the Chernobyl accident //J. Environ. Radioact. 2013. V. 119. P. 39-47.
14. **Фокин А.Д., Лурье А.А., Трошин С.П.** Сельскохозяйственная радиология. СПб.: Лань, 2011. 416 с.
15. **Prosyannikov E.V., Osipov V.B., Chekin G.V.** Behavior of ^{137}Cs in soils of transitional bogs //Russ. J. Ecol. 2006. V. 37, N 6. P. 408-413.
16. **Prosyannikov E.V., Silaev A.L., Koshelev I.A.** Specific ecological features of ^{137}Cs behavior in river floodplains //Russ. J. Ecol. 2000. V. 31, N 2. P. 132-135.

Estimating risk of radiocesium presence at levels exceeded the permissible amount of the radionuclide in forage and milk from the south-west part of Bryansk region long after the Chernobyl accident

Belous N.M.¹, Prudnikov P.V.², Shcheglov A.M.³, Smolskiy E.V.¹,
Belous I.N.¹, Silayev A.L.¹

¹ Bryansk State Agricultural University, Bryansk region;

² Center of Chemicalization and Agricultural Radiology "Bryansk", Bryansk;

³ Office of Rosselkhoz nadzor for the Bryansk and Smolensk regions, Bryansk

The study was carried out in the south-west part of Bryansk region from 2010 over 2017. It was aimed to assess the risk associated with ¹³⁷Cs contamination of forage and milk above the permissible limit in the third decade after the Chernobyl accident. The risk was assessed with account of soil conditions in that area. Annual data on contamination of milk and fodder provided by the Bryansk Interregional Veterinary Laboratory were used for analysis. The risk of radiocesium high-level contamination of the fodder and milk was estimated by the ratio of the products contaminated with the radionuclide (from the south-west part of the region) to the total amount of the products from all areas of the Bryansk region. Calculated risk values varied. The highest risk associated with ¹³⁷Cs contamination of milk from public economies that exceeded the permissible level by 24.7% was found in Gordeevsky rayon. In Klintsovsky, Novozybkovsky, Krasnogorsky and Zlynkovsky rayons the content of the radionuclide was lower, however, it exceeded the permissible level. The risk associated with radiocesium contamination of milk from private farms was higher than in public economies. In some farms the risk was twofold or more than double as compared with risks in the public economies. The difference was due to the higher level of soil contamination in pastures for privately owned livestock. No any remedial measures were implemented in these pastures. The highest risk associated with radiation contamination of roughage and succulent fodder was in Gordeevsky rayon. Though remediation measures were implemented in radioactively contaminated areas in the Bryansk region after the accident, the livestock and lea management situation in those areas, especially in pastures for privately owned livestock, is still complicated. The study shows that there is the necessity to continue remediation measures in public economies and, particularly in privately owned farms.

Key words: south-west areas of Bryansk region, public economies, private farms, radiation contamination, longer period, permissible level of ¹³⁷Cs, fodder, milk, risk of exceeding permissible level, internal radiation dose.

References

1. **Aleksakhin R.M., Lunyov M.I.** Technogenic pollution of agricultural grounds (researches, control and rehabilitation of territories). *Plodородie – Fertility*, 2011, no. 3, pp. 32-35. (In Russian).
2. **Aleksakhin R., Geras'kin S.** 25 years after the accident at the Chernobyl nuclear power plant: radioecological lessons. *Radioprotection*, 2011, vol. 46, pp. 595-600.
3. **Sychev V.G., Lunyov V.I., Orlov P.M., Belous N.M.** Chernobyl: radiation monitoring of agricultural grounds and agrochemical aspects of decrease in consequences of radioactive pollution of soils (to the 30 anniversary of the technogenic Chernobyl accident). Moscow, VNIIA, 2016. 184 p. (In Russian).
4. **Belous N.M., Podolyak A.G., Karpenko A.F., Smol'skiy E.V.** Efficiency of protective measures at rehabilitation of the fodder grounds of Russia and Belarus polluted after accident on the Chernobyl NPP. *Radiatsionnaya biologiya. Radioekologiya – Radiation Biology. Radioecology*, 2016, vol. 56, no. 4, pp. 405-413. (In Russian).

Belous N.M. – Rector, D.Sc., Agr., Prof.; **Smolskiy E.V.*** – Assos. Prof., C.Sc., Agr.; **Belous I.N.** – Director of Branch, Assos. Prof., C.Sc., Agr.; **Silayev A.L.** – Head of Cath., Assos. Prof., C.Sc., Agr. FSBEI HE Bryansk SAU. **Prudnikov P.V.** – Director, D.Sc., Agr., FSBEI «Bryanskagrokhimradiologiya». **Shcheglov A.M.** – Head of Dep., Rosselkhoz nadzor on the Bryansk and Smolensk regions.

*Contacts: 2a Sovetskaya Str., Kokino, Vygonichsky rayon, Bryansk region, Russia, 243365. Tel.: +79208317347; e-mail: sev_84@mail.ru.

5. **Averin V.S., Podolyak A.G.** Role of protective measures for decrease in doses of radiation of the population and receiving standardly net agricultural production. *Belorusskoe sel'skoe khozyajstvo – Belarusian Agriculture*, 2010, no. 4, pp. 18-22. (In Russian).
6. **Harkevich L.P., Belous I.N., Anishina Yu.A.** Rehabilitations of radioactively the polluted haymakings and pastures: monograph. Bryansk, 2011. 211 p. (In Russian).
7. **Belous N.M., Smol'skij E.V., Chesalin S.F., Shapovalov V.F.** Role of mineral potassium in decrease in receipt ^{137}Cs in fodder herbs and increase in their productivity on it is radioactive the polluted grounds. *Sel'skokhozyajstvennaya biologiya – Agricultural Biology*, 2016, vol. 51, no. 4, pp. 543-552. (In Russian).
8. **Fesenko S.V., Pahomov A.YU., Pasternak A.D., Goryainov V.A., Fesenko G.A., Panov A.V.** Regularities of change of contents ^{137}Cs in milk during the remote period after the Chernobyl accident. *Radiatsionnaya biologiya. Radioekologiya – Radiation Biology. Radioecology*, 2004, vol. 44, no. 3, pp. 336-345. (In Russian).
9. **Fesenko S., Isamov N., Barnett C.L., Beresford N.A., Howard B.J., Sanzharova N., Fesenko E.** Review of Russian language studies on radionuclide behaviour in agricultural animals: biological half-lives. *J. Environ. Radioact.*, 2015, vol. 142, pp. 136-151.
10. **Krapivina E.V., Fedorov YU.N., Martynova E.V., Ivanov D.V., Malinenko P.E.** Activity of protective mechanisms at young growth of cattle at the increased density of pollution of the soil radio caesium under the influence of medicine ehpofen. *Sel'skokhozyajstvennaya biologiya – Agricultural Biology*, 2005, no. 6, pp. 69-73. (In Russian).
11. **Panov A.V., Fesenko S.V., Aleksahin R.M.** Efficiency of the actions directed to decrease in doses of radiation of inhabitants of rural settlements during the remote period after the Chernobyl accident. *Radiatsionnaya biologiya. Radioekologiya – Radiation Biology. Radioecology*, 2001, vol. 41, no. 6, pp. 682-694. (In Russian).
12. **Spiridonov S.I., Ivanov V.V.** Probabilistic assessment of accumulation of radionuclides in agricultural production and admissible levels of radioactive pollution of soils. *Radiatsionnaya biologiya. Radioekologiya – Radiation Biology. Radioecology*, 2013, vol. 53, no. 1, pp. 95-103. (In Russian).
13. **Fesenko S., Jacob P., Ulanovsky A., Chupov A., Bogdevich I., Sanzharova N., Kashparov V., Panov A., Zhuchenka Yu.** Justification of remediation strategies in the long term after the Chernobyl accident. *J. Environ. Radioact.*, 2013, vol. 119, pp. 39-47.
14. **Fokin A.D., Lur'e A.A., Troshin S.P.** Agricultural radiology. St. Petersburg, Lan', 2011. 416 p. (In Russian).
15. **Prosyannikov E.V., Osipov V.B., Chekin G.V.** Behavior of ^{137}Cs in soils of transitional bogs. *Russ. J. Ecol.*, 2006, vol. 37, no. 6, pp. 408-413.
16. **Prosyannikov E.V., Silaev A.L., Koshelev I.A.** Specific ecological features of ^{137}Cs behavior in river flood-plains. *Russ. J. Ecol.*, 2000, vol. 31, no. 2, pp. 132-135.