

DOI: 10.21870/0131-3878-2018-27-1-53-65

УДК 614.31:637.5:546.36.02.137(476.4)

Способы снижения содержания ^{137}Cs в говядине, производимой на территории Могилёвской области

Мерзлова О.А.^{1,2}, Агеева Т.Н.¹, Копыльцова Е.В.¹

¹ РНИУП «Институт радиологии», Гомель, Белоруссия;

² ГНУ «НИЭИ Министерства экономики Республики Беларусь», Могилёв, Белоруссия

В статье рассматриваются способы снижения уровня загрязнения говядины ^{137}Cs в соответствии с требованиями Технического регламента Таможенного союза ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции». Представлены варианты решения проблемы для «критических» сельскохозяйственных предприятий, расположенных на загрязнённых территориях Могилёвской области. Они базируются на всестороннем анализе ключевых отраслей: растениеводства и животноводства. Анализ позволил выявить основные причины сверхнормативного радиоактивного загрязнения говядины и определить критерии для дифференциации предприятий по вероятности производства продукции, не соответствующей требованиям Технического регламента. Изложены способы снижения уровня загрязнения говядины до контрольного – 200 кБк/кг, которые включены в мероприятия, разработанные для каждого предприятия на территории радиоактивного загрязнения, где регистрируются случаи производства говядины с содержанием ^{137}Cs выше контрольного уровня, либо существует высокая вероятность её получения.

Ключевые слова: РДУ-99, радиоактивное загрязнение, ^{137}Cs , говядина, рацион крупного рогатого скота, заключительный откорм, радиобиологические эффекты, Технический регламент, Таможенный союз, ТР ТС 021/2011.

Введение

Для производителей мяса крупного рогатого скота в Республике Беларусь обязательным условием является его соответствие Республиканским допустимым уровням содержания радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr в пищевых продуктах и питьевой воде (РДУ-99 – 500 Бк/кг). Это требование в большинстве случаев обеспечивается благодаря системе защитных мероприятий в кормопроизводстве и животноводстве. Основными из них являются:

в кормопроизводстве – внесение повышенных доз минеральных удобрений, известкование кислых почв, коренное улучшение кормовых угодий (луговых земель) и дальнейший уход за ними, а также выбор системы обработки почвы, подбор кормовых культур, травосмесей и оптимизация структуры посевов [1, 2];

в животноводстве – обеспечение содержания крупного рогатого скота и составление рационов с «приемлемым» содержанием радионуклидов, дифференцированное использование кормов на разных стадиях откорма [3, 4].

Для перерабатывающих предприятий Республики Беларусь, экспортирующих свою продукцию в страны-участницы Таможенного союза ЕАЭС, важно соблюдать её соответствие требованиям Технического регламента (ТР ТС 021/2011). В связи с этим перед производителями сельскохозяйственной продукции встаёт задача обеспечения удельной активности ^{137}Cs в мясе крупного рогатого скота в пределах 200 Бк/кг.

По данным контроля радиоактивного загрязнения в целом по республике ежегодные объёмы говядины с содержанием ^{137}Cs более 200 Бк/кг колеблются в интервале 31-37 тонн.

Мерзлова О.А.* – зав. лаб. РНИУП «Институт радиологии», науч. сотр. ГНУ «НИЭИ Минэкономики Республики Беларусь»; **Агеева Т.Н.** – ст. науч. сотр., к.вет.н.; **Копыльцова Е.В.** – науч. сотр. РНИУП «Институт радиологии».

*Контакты: 246000, Республика Беларусь, Гомель, ул. Фёдоровского, 16. Тел.: +375(29)7438746; e-mail: O-Merzlova@yandex.ru.



Цель настоящего исследования – создание рекомендаций по получению мяса крупного рогатого скота с содержанием ^{137}Cs в соответствии с Техническим регламентом Таможенного союза.

Ранее разработанные рекомендации были направлены на производство говядины на загрязнённых радионуклидами территориях с содержанием радиоактивного цезия в соответствии с внутривнутриреспубликанскими требованиями – 500 Бк/кг [4]. Тем не менее, изложенные в них подходы стали основой для разработки рекомендаций выполнения требования ТР. Некоторые из способов были модифицированы с учётом снижения контрольного уровня в 2,5 раза и адаптированы к производственным условиям предприятий. Выполнение вновь созданных рекомендаций позволит снизить риск производства говядины с содержанием ^{137}Cs более 200 Бк/кг.

На первом этапе исследования была разработана система организационно-производственных мероприятий для «критических» сельскохозяйственных предприятий Могилёвской области. Они будут включены в итоговые рекомендации.

Материалы и методы

Исследование выполнено на базе Могилёвского филиала РНИУП «Институт радиологии». Объекты исследования – сельскохозяйственные предприятия Могилёвской области, в которых в последние три года в мясе крупного рогатого скота регистрировалось содержание радиоактивного цезия выше 200 Бк/кг (в интервале 221–463 Бк/кг), либо прогностическая вероятность превышения уровня 200 Бк/кг составила 25% и более при фактических уровнях в интервале 100–200 Бк/кг.

Анализ фактических данных плотности загрязнения сельскохозяйственных земель, кормов и мяса крупного рогатого скота, а также прогнозируемого загрязнения кормов, рационов и мяса крупного рогатого скота ^{137}Cs осуществлён с учётом допустимого уровня ^{137}Cs в мясе крупного рогатого скота – 200 Бк/кг, установленного в ТР ТС 021/2011.

«Нормативная» радиоактивность отдельных видов кормов и рационов для заключительного откорма основывалась на разработанных ранее предельно допустимых уровнях (ПДУ) [5]. В рационе крупного рогатого скота на заключительной стадии откорма предельное содержание ^{137}Cs должно составлять 5000 Бк на 1 голову в сутки, в «очищающем» рационе – 2000 Бк в сутки (табл. 1).

Таблица 1
Допустимые уровни содержания ^{137}Cs в говядине и кормах, рекомендуемых для заключительного откорма

Нормативный документ	Допустимые уровни содержания ^{137}Cs							
	мясо, Бк/кг	рацион, Бк/сут	сено, Бк/кг	солома, Бк/кг	сенаж, Бк/кг	силос, Бк/кг	зелёная масса, Бк/кг	зернофураж, Бк/кг
РДУ-99	500	10000	1300	700	500	240	240	480
ПДУ для ТР ТС 021/2011	200	5000*	500*	100*	200*	100*	100*	130*
		2000**	300**	80**	100**	80**	80**	130**

* – стандартный рацион (выдерживается на протяжении всего откорма); ** – «очищающий» рацион (применяется в случае, когда на начальной и средней стадиях рационы имели загрязнение свыше 5000 Бк/сут).

Ожидаемый уровень загрязнения кормов и рационов рассчитан по общепринятым методикам. Ожидаемая удельная активность ^{137}Cs в кормах рассчитана с учётом агрохимических показателей участков, на которых фактически выращивались кормовые культуры в 2015 и 2016



гг., с использованием имеющейся базы данных параметров перехода радионуклидов и информации по плотности загрязнения радионуклидами сельскохозяйственных земель. Содержание ^{137}Cs в рационах рассчитывалось на основе состава рационов, утверждённых в анализируемых сельскохозяйственных предприятиях (ф-ла 1):

$$UA_{\text{мяса}} = \left(\sum_{j=1}^m UA_c \cdot N_j \right) \cdot kp_{\text{рац-мясо}}, \quad (1)$$

где N_j – масса j -го компонента корма, кг; m – количество компонентов в рационе; $kp_{\text{рац-мясо}}$ – 4%; UA_c – удельная активность ^{137}Cs в c -ом виде корма, Бк/кг, рассчитывается по ф-ле 2:

$$UA_c = Kp_c \cdot P, \quad (2)$$

где P – плотность загрязнения почвы радионуклидом, кБк/м²; Kp_c – коэффициент перехода радионуклида из почвы в c -ый вид корма, (Бк/кг)/(кБк/м²).

При расчёте учитывались неопределённости, связанные с вариабельностью уровней загрязнения радионуклидами кормовых культур и рационов кормления, а также с типом рациона и его составом.

Расчёт вероятности превышения содержания радионуклида в говядине производился стандартными статистическими методами по плотности вероятности величины распределения удельной активности ^{137}Cs в мясе крупного рогатого скота (ф-ла 3) [6, 7]:

$$F(X) = \left[1 - P \left(\frac{N - A}{\sigma} \right) \right] \cdot 100, \quad (3)$$

где $F(X)$ – вероятность превышения удельной активности A над значением норматива N ; σ – стандартное отклонение оценивалось, исходя из значения коэффициента вариации; P – плотность вероятности с заданными параметрами A , N , σ рассчитывается по ф-ле 4:

$$P(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \sum_{-\infty}^x \exp \left(-\frac{y^2}{2} \right) dy. \quad (4)$$

Вероятность реализации опасного фактора (превышение контрольного уровня) устанавливалась в соответствии с СТБ 1470-2012 («Системы менеджмента безопасности пищевых продуктов. Управление безопасностью пищевых продуктов на основе анализа опасностей и критических контрольных точек»), исходя из четырёх возможных вариантов: практически равна нулю, незначительная, значительная и высокая [8]. В каждом конкретном случае количественные параметры оценки вероятности (риска) – диапазоны возможных вариантов – могут устанавливаться индивидуально. Не существует каких-либо согласованных и установленных требований по определению этих параметров. В данной работе экспертным путём и на основании неопределённости оценки (менее 20%) ожидаемого содержания ^{137}Cs в говядине в зависимости от комбинаций видов и количества кормов в рационе была принята следующая градация риска: практически равен нулю (меньше 1%), незначительный (1-10%), значительный (11-25%) и высокий (26% и выше).

Для выявления возможности изменения структуры посевов в пользу культур, которыми можно регулировать радиоактивность рациона, проведена оценка агропригодности почв для возделывания кукурузы, однолетних бобово-злаковых трав, клевера. По методике, разработанной в Институте почвоведения и агрохимии на основании данных почвенного обследования



(тип почв, степень увлажнения, гранулометрический состав почвообразующих и подстилающих пород), определена принадлежность почв к одной из 15-ти агропроизводственных групп, характеризующихся различной степенью пригодности для возделывания отдельных культур (наиболее пригодные, пригодные, малопригодные и непригодные) [9]. Рекомендуемое размещение культур осуществлено на участках, наиболее пригодных и пригодных для возделывания с учётом ожидаемого загрязнения продукции ^{137}Cs и ^{90}Sr .

Разработка рационов производилась, исходя из норматива питательной ценности рациона на 11,0-11,4 к. ед. (кормовых единиц), для получения 1000-1100 г суточного привеса на голову молодняка крупного рогатого скота на заключительной стадии откорма [10].

Результаты и обсуждение

Для выявления определяющих факторов получения говядины с превышением предельно допустимого уровня, установленного Таможенным союзом, проведён комплексный анализ специфики животноводства и растениеводства на «критических» сельскохозяйственных предприятиях Могилёвской области. Ключевыми анализируемыми показателями стали следующие:

- в растениеводстве – поверхностное загрязнение земель ^{137}Cs , загрязнение кормов, обеспеченность кормами, доля сеяных трав в структуре посевов;
- в животноводстве – специализация, тип используемого рациона, уточнение группы скота, в которой зарегистрировано превышение контрольного уровня (200 Бк/кг);
- в оценке риска превышения контрольного уровня – ожидаемое содержание ^{137}Cs в мясе и вероятность неблагоприятного прогноза.

Вследствие выбросов, полученных от аварии на Чернобыльской АЭС, до настоящего времени в четырёх из пяти анализируемых сельскохозяйственных предприятий площадь земель с плотностью загрязнения почв ^{137}Cs 37 кБк/км² и более составляет 100%, лишь в одном, ОАО «Экспериментальная база «Дашковка» – 55%.

Результаты радиационного контроля кормов в 2015-2016 гг. свидетельствуют, что в большинстве видов выдерживаются предельные допустимые уровни содержания ^{137}Cs , что позволяет обеспечить удельную активность ^{137}Cs в рационе менее 5000 Бк. В ряде случаев ПДУ был превышен в соломе (1,3-1,9 раза), содержание ^{137}Cs в пастбищном корме носит пограничный характер (~72,01±18 Бк/кг). Однако, затруднительным является составление рациона с предельной активностью 2000 Бк в сутки.

На предприятиях сложилась молочная специализация, кроме того, производится откорм скота специализированных мясных пород. В зимне-стойловый период преимущественно используется сенажный тип кормления, в летне-пастбищный период – травяной и травянисто-концентратный. В то же время оценка типовых рационов по средневзвешенному прогнозу загрязнения кормов свидетельствует, что при преобладании в них сенажа и пастбищного корма с луговых земель возрастает вероятность содержания ^{137}Cs в говядине до 200 Бк/кг и выше (табл. 2).

Наиболее эффективными организационными приёмами снижения удельной активности в рационах на заключительной стадии откорма крупного рогатого скота являются регулирование источников заготовки кормов и приёмов их использования. В табл. 3 в качестве примера приведены ожидаемое содержание ^{137}Cs в различных видах кормов и используемые статистические показатели. Видно, что в компонентах рациона они имеют распределение, близкое к нормальному, и могут быть использованы для дальнейших расчётов по ф-ле (3).



Таблица 2

Прогнозируемое содержание ^{137}Cs в говядине и оценка риска превышения норматива по содержанию ^{137}Cs в типовых рационах (200 Бк/кг)

Типовые рационы	ОАО «Вороново»		ОАО «Э/б «Дашковка»		СПК «40 лет Октября»		СПК «Зарянский»		СПК «Дуброва»	
	Бк/кг	%	Бк/кг	%	Бк/кг	%	Бк/кг	%	Бк/кг	%
Сенаж многолетних злаковых трав – 5 кг; силос кукурузный – 25 кг; зернофураж (овёс) – 3 кг	25	0	11	0	48	0	35	0	41	0
Сенаж, заготовленный на естественных луговых угодьях, – 5 кг; силос кукурузный – 25 кг; зернофураж (овёс) – 3 кг	65	0	49	0	103	0	69	0	135	6
Сенаж многолетних злаковых трав – 5 кг; силос кукурузный – 25 кг; зернофураж (горох) – 2 кг	28	0	12	0	55	0	41	0	49	0
Сенаж многолетних злаковых трав – 25 кг; сено многолетних злаковых трав – 2 кг; зернофураж (овёс) – 2 кг; солома – 5 кг	100	0	38	0	180	36	125	0	125	2
Сенаж многолетних злаковых трав – 25 кг; сено, заготовленное на естественных луговых угодьях, – 2 кг; зернофураж (горох) – 2 кг; солома – 5 кг	134	5	68	0	230	67	156	0	204	53
Зелёная масса многолетних злаковых трав – 50 кг; зернофураж (овёс) – 2 кг	70	0	26	0	124	0	86	17	86	0
Зелёная масса, заготовленная на естественных луговых угодьях, – 50 кг; зернофураж (овёс) – 2 кг	231	67	180	36	345	92	220	62	463	98

Таблица 3

Прогнозируемое содержание удельной активности ^{137}Cs в кормах СПК «40 лет Октября» Славгородского района

Вид корма	Основные статистические показатели							Критерии проверки распределения на нормальность	
	среднее значение	средне-взвешенное значение	минимальное	максимальное	стандартное отклонение	коэффициент вариации	K-S*	W**	
							p>0,20	p>0,12584	
Сено многолетних злаковых трав	800,2	781,3	70,7	1414,1	345,2	47	0,8360 p>0,20	0,96779 p>0,12584	
Сено, заготовленное на пойменных землях	907,5	889	401,7	1414,1	297,5	33	0,12392 p>0,20	0,94265 p>0,05601	
Сено многолетних злаковых трав, заготовленное на торфяной почве	851,7	844,8	232,1	1193,5	267	32	0,18634 p>0,20	0,90948 p>0,24043	
Сено многолетних злаковых трав, заготовленное на дерново-подзолистой почве	346,6	354,7	70,7	623,9	183	52	0,27074 p>0,20	0,86997 p>0,09988	
Зернофураж (тритикале)	4,6	4,7	2,2	6,8	1,5	33	0,12360 p>0,20	0,99834 p>0,99913	
Зернофураж (ячмень)	8,5	8,7	1,9	18,8	4,3	49	0,11584 p>0,20	0,96104 p>0,20518	
Зернофураж (горох+овёс)	33,5	33,5	23,1	42	5,2	16	0,14701 p>0,20	0,95628 p>0,50151	
Сенаж многолетних злаковых трав, заготовленный на торфяной почве	367,38	382,9	235,3	592	136	36	0,30842 p>0,20	0,87422 p>0,31452	
Солома ячменная	12,1	12,3	2,5	21,4	5,3	43	0,08874 p>0,20	0,96538 p>0,28240	
Зелёная масса многолетних злаковых трав, заготовленная на пойменных землях	339,4	343,2	236,4	440,3	42,9	13	0,14039 p>0,20	0,94873 p>0,21650	
Зелёная масса многолетних злаковых трав, заготовленная на дерново-подзолистой почве	25,5	26,7	7,3	100,6	21,8	81	0,16348 p>0,20	0,85091 p>0,0053	
Зелёная масса клевера	6,7	6,4	4,6	17,1	3,7	58	0,25834 p>0,20	0,95968 p>0,61389	

* – критерий Колмогорова-Смирнова; ** – критерий Шапиро-Уилка.



Просчитано 256 вариантов рационов кормления в летне-пастбищный и 256 – в зимне-стойловый периоды содержания (они отличаются по типу компонентов, наименованию культур и их размещению на рабочих участках). Получение говядины с содержанием ^{137}Cs выше 200 Бк/кг с высокой вероятностью возможно при использовании 58 вариантов рациона в летне-пастбищный период и 102 вариантов рациона в зимне-стойловый период (табл. 4).

Таблица 4

**Результаты расчёта риска (вероятности) превышения норматива
ТР ТС 021/2011 в говядине**

Наименование предприятий	Период	Просчитано вариантов (из них с превышением)	Максимальное прогнозируемое содержание ^{137}Cs , Бк/кг (риск превышения норматива, %)	
			по вариантам со смешанным использованием трав	по вариантам с использованием трав с поймы, торфяных и критических участков
ОАО «Воронино»	летне-пастбищный	20 (-)	30 (0%)	210 (57%)
	зимне-стойловый	36 (2)	51 (0%)	256 (77%)
ОАО «Э/б «Дашковка»	летне-пастбищный	72 (18)	129 (3%)	267 (80%)
	зимне-стойловый	28 (-)	154 (16%)	176 (32%)
СПК «40 лет Октября»	летне-пастбищный	40 (20)	305 (87%)	622 (100%)
	зимне-стойловый	64 (56)	321 (90%)	(100%)
СПК «Зарянский»	летне-пастбищный	104 (16)	115 (1%)	140 (8%)
	зимне-стойловый	72 (16)	311 (88%)	468 (98%)
СПК «Дуброва»	летне-пастбищный	20 (4)	74 (0%)	529 (100%)
	зимне-стойловый	56 (28)	74 (0%)	175 (32%)
Всего	летне-пастбищный	256 (58)		
	зимне-стойловый	256 (102)		

В целом, по результатам прогноза видно, что при скормливания зелёной массы, выращенной на минеральных (дерново-подзолистых) почвах с плотностью загрязнения ^{137}Cs менее 555 кБк/м², без добавления корма с иных мест заготовки, риск получения говядины с повышенным содержанием ^{137}Cs , как правило, незначимый. Скормливание зелёной массы, выращенной на пойменных или торфяных землях, а также на минеральных почвах с плотностью загрязнения ^{137}Cs выше 555 кБк/м², приводит к превышению контрольного уровня содержания радиоактивного цезия в говядине. Возможно повышение содержания радиоцезия в говядине при пропорциональном использовании зелёной массы, выращенной как на пахотных, так и луговых землях, по фактическому размещению кормовых культур.

Например, в СПК «40 лет Октября» при использовании зелёной массы многолетних злаковых трав, выращенных на пойменных землях (средневзвешенная плотность загрязнения 306 кБк/км², варибельность по элементарным участкам 190-699 кБк/км²) в качестве монокомпонента, активность ^{137}Cs в говядине может достигать 622 Бк/кг, риск – 100%. Использование смеси зелёной массы многолетних злаковых трав пропорционально объёму заготовки трав со всех представленных участков ведёт к загрязнению мяса до 305 Бк/кг с вероятностью 87%.

Обобщение результатов анализа позволило установить критерии отнесения предприятий к одному из 3-х типов в зависимости от риска получения говядины с содержанием ^{137}Cs более 200 Бк/кг (табл. 5):

- частота производства продукции с превышением контрольного уровня;
- уровень поверхностного загрязнения преобладающей части сельскохозяйственных земель (50% и более) ^{137}Cs ;
- доля пойменных и торфяных участков в общей площади луговых земель;



– риск А – вероятность превышения контрольного уровня содержания ^{137}Cs в мясе крупного рогатого скота при пропорциональном использовании заготовленных кормов (с учётом фактического размещения сельскохозяйственных культур);

– риск В – вероятность превышения контрольного уровня содержания ^{137}Cs в мясе крупного рогатого скота при максимальном использовании кормов, выращенных на пойменных и торфяных луговых землях или других загрязнённых участках.

Таблица 5

Критерии типизации сельскохозяйственных предприятий по производству говядины согласно ТР ТС 021/2011

Тип предприятий	Критерии				
	частота превышения норматива	уровень поверхностного загрязнения ^{137}Cs преобладающей части сельскохозяйственных земель ($\geq 50\%$), кБк/м ²	доля пойменных и торфяных лугов с плотностью загрязнения ^{137}Cs более 37 кБк/м ² , %	риск А, %	риск В, %
1 – наиболее критические	не реже 1 раза в 2 года	≥ 185 кБк/м ²	≥ 25	≥ 25	≥ 75
2 – критические	не реже 1 раза в 3 года	37-185 кБк/м ²	≥ 25	10-25	≥ 50
3 – менее проблемные	прогнозируется	≥ 185 кБк/м ²	≤ 25	0-10	≥ 25

На основании значений риска выделены 3 типа предприятий: наиболее критические предприятия, критические и менее проблемные. Принадлежность к группе определяется по соответствию параметров трём и более критериям одновременно.

На основании вышеприведённого анализа особенностей, связанных с содержанием радиоактивного цезия в кормах, производство говядины с содержанием ^{137}Cs , не превышающим 200 Бк/кг, каждую из групп предприятий можно охарактеризовать следующим образом.

Тип 1 – *наиболее критические* предприятия, в которых регулярно регистрируются случаи превышения норматива ТР ТС 021/2011. Большая часть ($\geq 50\%$) земель имеет поверхностную активность ^{137}Cs выше 185 кБк/м². Участки с высокой плотностью загрязнения ^{137}Cs расположены преимущественно на пойменных и торфяных землях, их удельный вес велик. В структуре посевных площадей отмечается недостаток сеяных трав, особенно с бобовым компонентом. Полностью исключить использование загрязнённых кормов на заключительной стадии откорма не представляется возможным. Прогнозируется высокий риск производства говядины с превышением контрольного уровня – 200 Бк/кг, особенно при использовании кормов, выращенных на проблемных участках, на заключительной стадии откорма. В некоторых случаях возможно превышение внутриреспубликанского норматива (500 Бк/кг).

Тип 2 – *критические* предприятия, где периодически регистрируются случаи превышения контрольного уровня, установленного в ТР ТС 021/2011. Удельный вес загрязнённых затопляемых луговых земель с высоким переходом радионуклидов в растительность (пойменные и торфяные почвы) достаточно высок. В структуре посевных площадей отмечается недостаток сеяных бобово-злаковых трав. Причинами производства говядины с содержанием радиоцезия, превышающим ПДУ, является дефицит кормов в целом и кормов, заготавливаемых на минеральных почвах, отсутствие заключительной стадии откорма для выбракованного скота. Несотответствие требованию технического регламента Таможенного союза проявляется в наиболее неблагоприятные для заготовки кормов годы.



Тип 3 – *менее проблемные* предприятия, где превышение контрольного уровня технического регламента Таможенного союза не регистрировалось, но высока вероятность подобных отклонений. Это предприятия с высоким удельным весом земель ($\geq 50\%$) с плотностью загрязнения ^{137}Cs выше 185 Бк/м^2 . Низкий удельный вес пойменных земель, незначительный дефицит кормов позволяют использовать принцип дифференцированного откорма скота. Возникновение неблагоприятных событий прогнозируется при максимальном включении в рацион травяных кормов, произведённых на торфяных или слабо окультуренных участках с высокой плотностью загрязнения ^{137}Cs .

В соответствии с различиями типов предприятий набор мероприятий, позволяющих обеспечить производство говядины с содержанием ^{137}Cs в пределах заданного уровня, отличается.

Для *наиболее критических* предприятий необходим комплекс мероприятий, охватывающий весь процесс кормопроизводства и животноводства.

Для *критических* предприятий основным является дифференцированное использование кормов как для откормочного поголовья, так и для выбракованного непродуктивного скота. Необходимо совершенствование структуры посевных площадей.

Для *менее проблемных* предприятий предлагается незначительная корректировка рационов и площадей для посева сельскохозяйственных культур, организация раздельной закладки, учёта и использования кормов, заготовленных на проблемных участках.

Система мероприятий, направленных на производство говядины в условиях радиоактивного загрязнения земель с содержанием ^{137}Cs менее 200 Бк/кг , разработана для каждого из предприятий и систематизирована в соответствии с выделенными типами (табл. 6). Она включает следующие мероприятия:

- 1) ограничение содержания радиоактивного цезия в рационе и длительности его использования на различных стадиях откорма;
- 2) использование различных видов кормов в летне-пастбищный и зимне-стойловый периоды с учётом типов почв, на которых они выращены;
- 3) использование рекомендованных рационов, детализированных по компонентам в зависимости от основных характеристик вида сельскохозяйственных земель, типа почв, на которых они заготавливаются;
- 4) использование предложенных способов размещения кормовых культур на рабочих участках и структуры посевных площадей, скорректированной с учётом изменения потребности в различных видах кормов и агропригодности почв для выращивания кукурузы, гороха, клевера – культур, потенциал которых использован не полностью;
- 5) проведение раздельной заготовки и раздельного учёта кормов с различным уровнем радиоактивного загрязнения.

Согласно оценке выполнение всего комплекса организационно-производственных мероприятий значительно сократит риск производства говядины с содержанием ^{137}Cs выше 200 Бк/кг . В наиболее критических предприятиях в летне-пастбищный период темп снижения риска составит 61% , риск из категории «высокий» перейдет в категорию «нулевой»; в зимне-стойловый период величина риска сократится на 59% , и из категории «высокий» перейдет в категорию «незначительный» (табл. 7).

Таблица 6
Система организационно-производственных мероприятий по производству говядины с активностью ^{137}Cs до 200 Бк/кг

Рекомендации	Тип 1 – наиболее критические	Тип 2 – критические	Тип 3 – менее проблемные
Технология кормления	Дифференцированный откорм		
Радиоактивность рационов и варианты их использования	середина откорма: не ограничиваем заключительный откорм: 1) <2000 Бк – 60 дней; 2) 2000-3000 Бк – первые 20 дней и затем <1000 Бк – 40 дней; 3) 2000-2500 – первые 30 дней и затем <1000 Бк – 30 дней	< 5000 Бк заклучительный откорм: 1) 2000-3500 – первые 20 дней и затем <2000 Бк – 40 дней; 2) 2000-3000 Бк – первые 30 дней и затем <2000 Бк – 30 дней	< 5000 Бк заклучительный откорм: <2500 Бк – 60 дней
Улучшение состава рациона для заключительного откорма	Максимальная замена кормов с торфяных и пойменных почв на аналогичные с дерново-подзолистых почв: в летне-пастбищный период – замена корма с естественных лугов на зелёную массу кукурузы, сеяных бобовых и злаково-бобовых трав, в зимне-стойловый период – минимизировать их использование, исключив в последний месяц откорма	1) исключить или минимизировать использование кормов с пойменных лугов и лугов с торфяным типом почв с заменой 1/2 части на аналогичные с дерново-подзолистых почв, 2) использование сенажа из злаково-бобовых, травосмесей или бобовых трав, 3) включение в рацион кукурузного силоса	1) на заключительной стадии откорма исключить корма, заготавливаемые на торфяных почвах и критических участках (в связи с их небольшими объёмами), 2) проблемные корма использовать в середине откорма, чередуя 1:2 с аналогичными кормами с минеральных почв
Модернизация структуры посевов (по ключевым позициям)	- зерновые и зернобобовые 52% - многолетние травы 22% (в т. ч. бобовые 5%) - кукуруза на силос 15% - однолетние травы 8%	- зерновые и зернобобовые 43-44% - многолетние травы 19-23% (в т.ч. бобовые 12%) - кукуруза на силос 14-20% - однолетние травы 5%	- зерновые и зернобобовые 45-52% - многолетние травы 22-26% (в т.ч. бобовые 9-11%) - кукуруза на силос 11-14% - однолетние травы 9-15%
Изменения размещения кормовых растений по рабочим участкам	Размещение ценных кормовых культур на наиболее пригодных и пригодных землях. При дефиците последних – на малопригодных участках с оптимальными агрохимическими параметрами почвы, улучшенных луговых земель для посевов клевера (картосхемы)		
Заготовка кормов	Раздельная заготовка кормов с пойменных, торфяных земель, проблемных участков, обязательный радиационный контроль кормов		

Таблица 7
Оценка снижения риска производства говядины с активностью ^{137}Cs более 200 Бк/кг после реализации мероприятий (в среднем по вариантам рационов)

Период содержания	Прогноз содержания ^{137}Cs до реализации мероприятий			Прогноз содержания ^{137}Cs после реализации мероприятий			Снижение риска, +/-, %
	в рационах, Бк	в мясе, Бк/кг	риск, %	в рационах, Бк	в мясе, Бк/кг	риск, %	
Наиболее критические предприятия							
Летне-пастбищный	8124	247	61	1121	45	0	61
Зимне-стойловый	6400	256	62	2518	101	3	59
Критические предприятия							
Летне-пастбищный	3383	136	8	2510	100	0	8
Зимне-стойловый	3469	139	8	2850	114	2	6
Менее проблемные предприятия (по критическим участкам)							
Летне-пастбищный	5668	227	68	2295	92	0	68
Зимне-стойловый	4706	188	41	1723	69	0	41

В критических предприятиях в летне-пастбищный период риск превышения контрольного уровня снизится на 8% и сведётся к нулю, в зимне-стойловый период – на 6%, но останется в той же категории «незначительный», что свидетельствует о необходимости соблюдения разработанных рекомендаций по откорму скота, размещению и заготовке кормов на проблемных участках для заключительного откорма.



В менее проблемных сельскохозяйственных предприятиях при следовании рекомендациям вероятность производства говядины с превышением требований, регламентированных Таможенным союзом, сведётся к нулю. Темп её снижения в летне-пастбищный период составит 68%, в зимне-стойловый – 41%.

Заключение

Разработанная система организационно-производственных мероприятий направлена на снижение вероятности производства мяса крупного рогатого скота с удельной активностью ^{137}Cs 200 Бк/кг и выше. Она является дополнением к рекомендациям по ведению агропромышленного производства на территориях радиоактивного загрязнения в Могилёвской области.

Анализ особенностей производства мяса крупного рогатого скота с содержанием ^{137}Cs выше 200 Бк/кг в Могилёвской области позволил установить критерии для разделения предприятий на 3 типа: наиболее критические предприятия, критические и менее проблемные.

Для наиболее критических предприятий необходимо выполнение рекомендаций по всем проанализированным аспектам ведения кормопроизводства и животноводства. Для критических предприятий основным является дифференцированное использование кормов как для откормочного поголовья, так и для выбракованного непродуктивного скота. Необходимо также улучшение структуры посевных площадей. Для менее проблемных предприятий предлагается незначительная корректировка рационов и размещения сельскохозяйственных культур, организация отдельной закладки, учёта и использования кормов, заготовленных на проблемных участках.

Следование разработанным рекомендациям позволит значительно сократить вероятность производства говядины, не соответствующей требованиям технического регламента Таможенного союза.

Литература

1. **Богдевич И.М.** Повышение эффективности защитных мер в агропромышленном комплексе //О решении чернобыльских проблем в Могилёвской области: сб. материалов коллегии Комчернобыля. Могилёв, 2003. С. 12-16.
2. **Панов А.В., Алексахин Р.М., Музалевская А.А.** Изменение эффективности защитных мероприятий по снижению накопления ^{137}Cs сельскохозяйственными растениями в различные периоды после аварии на Чернобыльской АЭС //Радиационная биология. Радиоэкология. 2011. Т. 51, № 1. С. 134-153.
3. **Алексахин Р.М., Санжарова Н.И., Панов А.В.** Реабилитационные мероприятия – основа социально-экономического развития подвергшихся воздействию аварии на Чернобыльской АЭС территорий //Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2009. № 6. С. 28-30.
4. **Анненков Б.Н., Аверин В.С.** Ведение сельского хозяйства в районах радиоактивного загрязнения (радионуклиды в продуктах питания). Минск, 2003. 84 с.
5. **Цуранков Э.Н., Копыльцова Е.В.** К вопросу о проблемах нормирования содержания радионуклидов в кормах при переходе на нормативы Таможенного союза ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции» //Конкурентоспособность и качество животноводческой продукции: сб. трудов международной научно-практической конференции. Беларусь, Жодино, 2014. С. 291-294.
6. **Закс Л.** Статистическое оценивание. М.: Статистика, 1976. 598 с.
7. **Спиридонов С.И., Санжарова Н.И., Тетенькин В.Л., Гераськин С.А., Панов А.В., Соломатин В.Л., Епифанова И.Э., Карпенко Е.И.** Методология оценки риска воздействия техногенных факторов различной природы на агроэкосистемы. Обнинск: ВНИИСХРАЭ, 2007. 68 с.
8. Государственный стандарт Республики Беларусь. Менеджмент безопасности пищевых продуктов на основе анализа опасностей и критических контрольных точек (НАССР): СТБ 1470-2012. Введён с 01.01.2013. Минск: Госстандарт, 2013. 19 с.
9. Пригодность почв Республики Беларусь для возделывания отдельных сельскохозяйственных культур: рекомендации /В.В. Лапа, Г.С. Цытрон, Л.И. Шибут и др. Минск: РУП «Институт почвоведения и агрохимии», 2011. 64 с. [Электронный ресурс]. URL: <http://elib.bsu.by/bitstream/123456789/48000/1/senssoilantro.pdf> (дата обращения 11.12.2017).
10. **Бречко Я.Н., Сумонов М.Е.** Справочник нормативов трудовых и материальных затрат для ведения сельскохозяйственного производства. Минск, 2002. 440 с.



Approaches to reducing ^{137}Cs content in beef produced in radioactively contaminated areas in Mogilev region

Miarzlova V.A.^{1,2}, Aheyeva T.N.¹, Kopyltsova E.V.¹

¹ Research Institute of Radiology (RIR), Gomel, Belarus;

² State Research Institute of Mineconomics of the Republic of Belarus, Mogilev, Belarus

The article presents analysis and recommendations on reducing ^{137}Cs contamination in beef to the level of 200 Bq/kg, established by the Customs Union. The objective of the study is to develop measures for reduction of ^{137}Cs concentration in beef below the control level of 200 Bq/kg. The developed recommendations are resulted from the analysis of forage and animal production in the most «critical» agricultural enterprises. Examination of local features of fodder growing and excess of ^{137}Cs content in beef allowed development of criteria for dividing the agricultural enterprises into three main categories. The article describes some of the basic approaches used for development of targeted measures to be implemented by a particular enterprise located in radioactively contaminated areas of the Mogilev region, producing beef with specific radioactivity exceeding 200 Bq/kg or by those enterprises which have the possibility to produce meat with ^{137}Cs contamination exceeding control level. These targeted recommendations along with the general guidelines were then integrated into the management system of organizational and production-related actions for beef producers of different groups.

Key words: RDU-99, radioactive contamination, ^{137}Cs , beef, ration of ruminants, final fattening, radiobiological effects, Technical Regulations, Customs Union, TR TS 021/2011.

References

1. **Bogdevich I.M.** Povyshenie effektivnosti zashchitnykh mer v agropromyshlennom komplekse: sb. materialov kollegii Komchernobylya [Increasing the effectiveness of protective measures in the agro-industrial production: collegium materials from the Chernobyl Committee]. Mogilev, 2003, pp. 12-16.
2. **Panov A.V., Aleksakhin R.M., Muzalevskaya A.A.** Izmenenie effektivnosti zashchitnykh meropriyatiy po snizheniyu nakopleniya ^{137}Cs sel'skokhozyaystvennymi rasteniyami v razlichnye periody posle avarii na Chernobyl'skoy AES [Change in the effectiveness of protective measures to reduce the accumulation of ^{137}Cs by agricultural plants in different periods after the Chernobyl accident]. *Radiatsionnaya biologiya. Radioekologiya – Radiation Biology. Radioecology*, 2011, vol. 51, no. 1, pp. 134-153.
3. **Aleksakhin P.M., Sanzharova N.I., Panov A.V.** Reabilitatsionnye meropriyatiya – osnova sotsial'no-ekonomicheskogo razvitiya podvergshikhsya vozdeystviyu avarii na Chernobyl'skoy AES territoriy [Rehabilitation measures are the basis for social and economic development of the territories affected by the Chernobyl accident]. *Vestnik Rossiyskoy sel'skokhozyaystvennoy nauki – Annals of Russian Agricultural Sciences*, 2009, no. 6, pp. 28-30.
4. **Annenkov B.N., Averin V.S.** Vedenie sel'skogo khozyaystva v rayonakh radioaktivnogo zagryazneniya (radionuklidy v produktakh pitaniya) [Agriculture in the areas of radioactive contamination (radionuclides in food)]. Minsk, 2003. 84 p.
5. **Curankov E.N., Kopyltsova E.V.** K voprosu o problemakh normirovaniya sodержaniya radionuklidov v kormakh pri perekhode na normativy Tamozhennogo soyuza TR TS 021/2011 «O bezopasnosti pishchevoy produktsii» [On the problems of rationing radionuclide content in feeds when switching to the standards of the Customs Union TR TS 021/2011 "On food safety"]. *Konkurentosposobnost' i kachestvo zhivotnovodcheskoy produktsii: sb. trudov konferentsii*. Belarus, Zhodino, 2014, pp. 291-294.

Miarzlova V.A.* – Head of Lab. RIR, Researcher NIEI Mineconomics; **Aheyeva T.N.** – Senior Researcher, C. Sc., Vet.; **Kopyltsova E.V.** – Researcher. RIR.

*Contacts: 16 Feduninski Str., Gomel, Republic of Belarus, 246000. Tel.: +375(29)7438746; e-mail: O-Merzlova@yandex.ru.



6. **Zaks L.** Statisticheskoe otsenivanie [Statistical estimation]. Moscow, Statistika, 1976. 598 p.
7. **Spiridonov S.I., Sanzharova N.I., Tetenkin V.L., Geraskin S.A., Panov A.V., Solomatin V.L., Epifanova I.E., Karpenko E.I.** Metodologiya otsenki riska vozdeystviya tekhnogennykh faktorov razlichnoy prirody na agroekosistemy [Methodology of risk assessment of the impact of technogenic factors of different nature on agroecosystems]. Obninsk, VNIISKhRAE, 2007. 68 p.
8. Gosudarstvennyy standart Respubliki Belarus'. Menedzhment bezopasnosti pishchevykh produktov na osnove analiza opasnostey i kriticheskikh kontrol'nykh toчек (NASSR): STB 1470-2012 [State standard of the Republic of Belarus. Food safety management based on Hazard Analysis and Critical Control Points (HACCP): STB 1470-2012]. Vved. 01.01.2013. Minsk, Gosstandart, 2013. 19 p.
9. Prigodnost' pochv Respubliki Belarus' dlya vozdeyvaniya otдел'nykh sel'skokhozyaystvennykh kul'tur: rekomendatsii [The suitability of soils of the Republic of Belarus for cultivating selected crops: recommendations]. Eds.: V.V. Lapa, G.S. Tsytron, L.I. Shibut et al. Minsk, RUP «Institut pochvovedeniya i agrokhimii», 2011. 64 p. Available at: <http://elib.bsu.by/bitstream/123456789/48000/1/senssoilantro.pdf> (Accessed 11 December 2017).
10. **Brechko Ya.N., Sumonov M.E.** Spravochnik normativov trudovykh i material'nykh zatrat dlya vedeniya sel'skokhozyaystvennogo proizvodstva [Handbook of standards of labor and material costs for agricultural production]. Minsk, 2002. 440 p.

