DOI: 10.21870/0131-3878-2017-26-1-89-99

Оценка радиологической эффективности комплексного применения смеси комбикормов с ферроцинсодержащими препаратами в хозяйствах юго-западных районов Брянской области

Губарева О.С., Исамов Н.Н., Цыгвинцев П.Н., Рясная Е.И., Алешкина Е.Н.

ФГБНУ ВНИИ радиологии и агроэкологии, Обнинск

На основании кластерного анализа дана оценка эффективности применения ферроцина в сельскохозяйственных предприятиях Брянской области в течение 2010-2015 гг. Показано влияние использования сорбента в пастбищный период на дойных коровах. Снижение загрязнённости молока и мяса радиоактивным цезием в производственных условиях может носить классический нисходящий или мультивариантный волнообразный характер. Причиной такого явления в течение 30-60 суток служит технологическая смена пастбищ, отличающихся по степени загрязнённости травостоя радиоактивным цезием. По данным прижизненной дозиметрии мышечной ткани тела животных, из-за разной скорости межтканевого обмена, такое явление было менее выражено для мяса, чем для молока. Основную проблему представляет загрязнение кормов, содержание ^{137}Cs в которых превышает ветеринарные допустимые уровни в 1,9-3,7 раза. Высокое содержание ^{137}Cs в кормах определяет превышение гигиенических нормативов в продукции животноводства – молоке и молочной продукции. Несмотря на устойчивую тенденцию снижения доли загрязнённой продукции и стабилизацию радиационной ситуации в сельском хозяйстве через 20-30 лет после аварии на ЧАЭС, применение ферроцинсодержащих препаратов в краткосрочной перспективе остаётся актуальным.

Ключевые слова: коровы, молоко, мясо, ^{137}Cs , комбикорм, дозиметрия, сорбент, ферроцин, бифеж, болюсы.

Введение

Одной из важнейших проблем, стоящих перед животноводством на территориях, загрязнённых в результате аварии на Чернобыльской АЭС, остаётся проблема снижения перехода ^{137}Cs из кормов в продукты животноводства (молоко, мясо). Применение защитных мероприятий при ведении животноводства на загрязнённых территориях обусловлено необходимостью снижения дозы внутреннего облучения населения, которое реализуется, в первую очередь, уменьшением содержания радиоактивных веществ в животноводческой продукции. Поскольку применение агромелиоративных контрмер на лугах и пастбищах требовало высоких стартовых экономических затрат, то в этой ситуации широкое распространение получило использование так называемых цезий-связывающих соединений – гексацианоферратов железа-калия, получивших широкую известность под названием ферроцин. Опыт ведения животноводства на радиоактивно загрязнённых территориях показал, что применение сорбентов из класса ферроцинсодержащих препаратов (ФСП) – ферроцин, бифеж, болюсы и брикеты соли-лизунца – способствовало получению нормативно «чистой» продукции животноводства [1-3].

Следует отметить, что эффективность ФСП ранее была изучена на различных видах животных: крысах [4, 5], свиньях [6, 7], лошадях [8] и жвачных животных [9-14]. Показано, что цезийсорбирующая эффективность проявляется на всех видах животных.

В наиболее пострадавшей после аварии на ЧАЭС Брянской области РФ до настоящего времени не удалось обеспечить производство сельскохозяйственной продукции, соответ-

Губарева О.С.* – ст. научн. сотр., к.б.н.; Исамов Н.Н. – зав. лаб., к.б.н.; Цыгвинцев П.Н. – зав. лаб., к.б.н.; Рясная Е.И. – мл. научн. сотр.; Алешкина Е.Н. – мл. научн. сотр. ФГБНУ ВНИИРАЭ.

*Контакты: 249032, Калужская обл., Обнинск, Киевское шоссе, 109-й км. Тел.: (484) 399-69-47; e-mail: gosolga56@mail.ru.

вующей нормативам в полном объёме [15]. Центром химизации и сельскохозяйственной радиологии «Брянский» и подразделениями Россельхознадзора контроль ведётся в коллективных хозяйствах, частном секторе, а также на рынках и предприятиях по переработке сельскохозяйственной продукции. Анализ данных радиационного контроля показывает, что в 17 коллективных хозяйствах без проведения реабилитационных мероприятий невозможно получение продукции кормопроизводства и животноводства, соответствующей нормативам. В 11 хозяйствах превышение нормативов СанПиН [16, 17] будет носить долговременный характер, то есть может отмечаться до 2025-2030 гг. [18]. Основную проблему представляет загрязнение кормов, содержание ^{137}Cs в которых превышает ветеринарные допустимые уровни в 1,9-3,7 раза. Высокое содержание ^{137}Cs в кормах определяет превышение гигиенических нормативов в продукции животноводства – молоке и молочных продуктах в 4-12% проб, мясе и мясных продуктах – в 5-8% проб. Несмотря на устойчивую тенденцию снижения доли загрязнённой продукции и стабилизацию радиационной ситуации в сельском хозяйстве через 20-30 лет после аварии на ЧАЭС, применение ФСП в краткосрочной перспективе остаётся актуальным.

Целью проведённых исследований было изучение и оценка эффективности систематического комплексного применения комбикормов с ферроцином на дойных коровах в 17 «критических» сельскохозяйственных предприятиях юго-западных районов Брянской области.

Материалы и методы

В рамках федеральной целевой программы «Преодоление последствий радиационных аварий на период до 2015 года» были проведены исследования по отработке технологии комплексного применения смеси комбикормов с ФСП в 17 «критических» сельхозпредприятиях Гордеевского, Клинцовского, Красногорского и Новозыбковского (юго-западных) районов Брянской области.

Применение ферроцина у лактирующих коров проводили в наиболее загрязнённых хозяйствах Брянской области как в конце пастбищного (сентябрь-октябрь), так и в начале стойлового (ноябрь-декабрь) периода содержания животных в течение 2010-2015 гг. Радиологическое обследование кормовых угодий в каждом хозяйстве осуществляли ежегодно. В процессе работы всего отобрано и проанализировано более 350 почвенных образцов и проб пастбищной растительности, а также заготовленного на зимне-стойловый период сена, сенажа, силоса, соломы и концентратов в количестве 1320 образцов. В ходе мониторинга отобрано и проанализировано 1500 проб молока, проведено прижизненное определение концентрации ^{137}Cs в мышечной ткани животных в количестве 1080 измерений.

Радиационную безопасность кормов и молока оценивали согласно санитарно-гигиеническим нормативам СанПиН [16, 17] и ветеринарно-санитарным требованиям к радиационной безопасности ВП 13.5.13/09-00 [19].

Отбор проб молока проводили по следующей схеме: до применения комбикормов с ферроцином и на 15, 30 и 60 сутки после начала применения. Прижизненное определение загрязнённости мышечной ткани выполняли как до применения сорбента, так и на 30 и 60 сутки.

Определение удельной активности ^{137}Cs проводили гамма-спектрометрическим методом на универсальном гамма-спектрометрическом комплексе «УСК Гамма-Плюс».

Концентрацию ^{137}Cs в мышечной ткани животных определяли с помощью модифицированного гамма-радиометра СРП-88П, оборудованного NaI сцинтилляционным детектором и ци-

линдрическим коллиматором, а также посредством универсального радиометра-спектрометра РСУ-01 «Сигнал-М». Измерения проводили в соответствии с «Методикой прижизненного определения концентрации $^{134,137}\text{Cs}$ в мышечной ткани сельскохозяйственных животных» [20]. Процедура измерения происходила на площадках с наиболее низким уровнем мощности дозы гамма-излучения, значения которой учитывались при обработке полученных результатов. Концентрацию ^{137}Cs в мышечной ткани животных рассчитывали с учётом их живой массы. Интеркалибровка указанных радиометров показала, что полученные на них результаты отличаются не более чем на 18%.

Данные обрабатывали с применением прикладных программ Microsoft Excel 2003.

Результаты и обсуждение

Исследуемые сельскохозяйственные предприятия по-разному удалены от районных центров (от 8 до 40 км), поголовье коров варьирует от 30 до 550 голов.

В выбранных хозяйствах плотность загрязнения ^{137}Cs варьирует от 307 до 2294 КБк/м² и, в ряде случаев, превышает уровни, при которых на кормовых угодьях при преобладании в почвенном покрове лёгких по механическому составу почв возможно получение продукции животноводства, соответствующей радиологическим нормативам. В связи с этим содержание ^{137}Cs в молоке и мясе варьирует в широких пределах, а по средним показателям превышает СанПиН 2.3.2.1078-01 и СанПиН 2.3.2.2650-10 в 2,5 и 3,8 раза соответственно.

Результаты мониторинга кормовых угодий представлены в табл. 1.

Таблица 1
Содержание (min-max) ^{137}Cs в почве и кормах в период 2010-2015 гг. (Бк/кг)

Район	Хозяйство	Почва	Пастбищная растительность	Сено
Гордеевский	ООО «Петровобудское»	1480-4300	200-626	289-1800
	КФХ «Заулочная В.С.»	1870-2125	277-1161	408-3400
	(СПК «Кожановский»)			
	СПК «Рабочий»	1890-2500	107-590	205-1770
	СПК «Надежда»	1930-4600	124-1170	342-3500
Клинцовский	ООО «СП Луч»	770-3200	105-890	264-1860
	СПК «Заря»	840-2900	88-1400	640-1950
	СПК «Рассвет»	720-3640	369-1700	170-2330
	СПК «Ольховский»	1200-2080	93-740	103-790
	СПК «Труд»	590-2350	240-805	140-790
Красногорский	МУП «МТС Красногорская»	610-2490	95-480	55-520
	СПК «Родина»	1130-4600	240-830	80-640
	КФХ «Шлома Н.Ф.»	3220-6300	90-610	90-1100
	СПК «Прогресс»	330-2790	60-360	140-1250
Новozyбковский	ГНУ НСОС ВНИИА люпина	670-2860	30-1940	230-3100
	ФГБУП «Волна Революции»	440-2740	57-430	360-1850
	СХПК «Родина»	1500-3290	45-460	286-1450
	СХПК «Колхоз им. Ленина»	580-5170	175-1356	260-1078
	СХПК «Комсомолец»	600-5200	250-3800	400-8760

В начальный период применения ферроцина (2010-2011 гг.) превышение нормативного уровня по содержанию ^{137}Cs в молоке и мышечной ткани коров наблюдали практически во всех хозяйствах в конце пастбищного периода содержания (сентябрь-октябрь). Кластерный анализ, проведённый по степени содержания ^{137}Cs в молоке и мясе коров за этот период, позволил выделить три группы хозяйств, отличающихся по уровню загрязнения животноводческой продук-

ции. К наиболее загрязнённым хозяйствам (3 группа) относятся КФХ «Заулочная В.С.» (СПК «Кожановский»), СПК «Надежда», СПК «Рабочий» Гордеевского района и СПК «Рассвет» Клинцовского района. В несколько меньшей степени проблема радиоактивного загрязнения молока и мяса была отмечена в ГНУ НСОС ВНИИА люпина, СХПК «Колхоз им. Ленина», СХПК «Комсомолец» Новозыбковского района и СПК «Заря», СПК «Труд» Клинцовского района (2 группа). Остальные хозяйства относятся к 1 группе – с наименьшей степенью загрязнения молока и мяса коров, наблюдавшегося в конце пастбищного периода. Усреднённое по группам содержание ^{137}Cs в молоке и мясе коров до применения ферроцина представлено на рис. 1, 2.

Рис. 1. Динамика содержания ^{137}Cs в молоке коров в конце пастбищного периода.

Рис. 2. Динамика содержания ^{137}Cs в мясе коров в конце пастбищного периода.

Следует отметить, что степень загрязнения ^{137}Cs молока и мяса коров определяется не только уровнем радиоактивного загрязнения сельскохозяйственных угодий, но и в значительной степени наличием достаточного объема кормовой базы, произведённого на окультуренных сенокосах и пастбищах, а также погодными условиями. Так, при засушливом лете в период заго-

товки сена, а также в конце пастбищного периода из-за нехватки корма сенокос и выпас могут производиться в поймах рек на заливных лугах или других угодьях с высоким уровнем загрязнения ^{137}Cs растительности. Показано, что (рис. 1, 2) наиболее радиоактивно загрязнённые хозяйства (3 группа) являются одновременно и наиболее уязвимыми в этом плане. В них могут наблюдаться резкие изменения содержания ^{137}Cs в молоке и мясе коров по годам, в то время как в менее загрязнённых хозяйствах годовая вариация выражена в значительно меньшей степени. Аналогичную картину наблюдали в ранее проведённых исследованиях в 2007-2010 гг. при применении ферроцина в личных подсобных хозяйствах населения юго-западных районов Брянской области. При систематическом использовании сорбента в пастбищный период кратность снижения концентрации ^{137}Cs в молоке на 90-е сутки составила по хозяйствам 5,7 раза, а в мясе – 3,9 раза [21].

Рассматривая динамику снижения уровня загрязнения ^{137}Cs молока и мяса коров за весь период наблюдения, можно отметить её высокую интенсивность. Так, период полуснижения составил для молока и мяса $6,0 \pm 1,6$ и $5,0 \pm 1,2$ лет соответственно. Исходя из того, что в исследуемый период в хозяйствах не наблюдалось существенного сокращения поголовья дойного стада или изменения технологического регламента использования пастбищных угодий, то данный факт может свидетельствовать об эффективности защитных и реабилитационных мероприятий в хозяйствах. В том числе – это и применение ферроцина, и улучшение кормовых угодий, и повышение культуры сельхозпроизводства в целом.

Анализ динамики концентрации ^{137}Cs в молоке и мясе коров при применении ферроцина свидетельствует о высокой эффективности сорбента. Кратность снижения концентрации ^{137}Cs в молоке на 30-е сутки составила от 3 до 11 раз, в мясе на 60-е сутки – от 2,5 до 7 раз (рис. 3, 4).

Следует отметить, что значительный вклад в уровень загрязнения рациона коров при применении ферроцина составляла пастбищная растительность (табл. 1), в то время как удельная активность комбикормов в хозяйствах составила в среднем 33 ± 7 Бк/кг.

Рис. 3. Кратность снижения содержания ^{137}Cs в молоке коров после 30 суток применения ферроцина.

Рис. 4. Кратность снижения содержания ^{137}Cs в мясе коров после 60 суток применения ферроцина.

Как видно из представленных данных (рис. 3, 4), применение ферроцинсодержащих препаратов оказывается одинаково эффективно при разных начальных уровнях содержания ^{137}Cs в молоке и мясе коров. Наблюдаемые высокие кратности снижения в 2012 г. обусловлены затянутым (вплоть до ноября месяца) пастбищным периодом в этот год. Дополнительные исследования по оценке эффективности применения ФСП в составе комплексной кормовой добавки с комбикормом, премиксом ПКК60-1 и подсолнечным жмыхом, проведённые в СПК «Рабочий» Гордеевского района (2015 г.), также показали высокую эффективность сорбента как по снижению ^{137}Cs в молоке (в 4-5 раз), так и по повышению молочной продуктивности коров (до 15%) [22].

Заключение

На основании кластерного анализа, проведённого по степени содержания ^{137}Cs в молоке и мясе коров в течение 2010-2015 гг., выделили три группы хозяйств, отличающихся по уровню загрязнения животноводческой продукции.

Показано, что в наиболее загрязнённых хозяйствах (3 группа) могут наблюдаться резкие изменения содержания ^{137}Cs в молоке и мясе коров по годам, в то время как в менее загрязнённых хозяйствах годовая вариация выражена в значительно меньшей степени. Снижение загрязнённости молока и мяса ^{137}Cs в производственных условиях может носить классический нисходящий или мультивариантный волнообразный характер. Причиной такого явления в течение 30-60 суток служит технологическая смена пастбищ, отличающихся по степени загрязнённости травостоя радиоактивным цезием. По данным прижизненной дозиметрии мышечной ткани тела животных, из-за разной скорости межтучного обмена, такое явление было менее выражено для мяса, чем для молока.

Динамика снижения уровня загрязнения ^{137}Cs молока и мяса коров за весь период наблюдения характеризовалась высокой интенсивностью, а период полуснижения составил для молока и мяса $6,0 \pm 1,6$ и $5,0 \pm 1,2$ лет соответственно.

При комплексном применении смеси комбикормов с ферроцином кратность снижения концентрации ^{137}Cs в молоке на 30-е сутки составила 3-11 раз, в мясе на 60-е сутки – 2,5-7,0 раз.

Таким образом, комплексное применение смеси комбикормов с ферроцином в 17 «критических» хозяйствах юго-западных районов Брянской области в краткосрочной перспективе остаётся актуальным.

Литература

1. **Алексахин Р.М., Ратников А.Н., Васильев А.В., Исамов Н.Н., Краснова Е.Г., Морозов И.А.** Использование ферроцианидсодержащих препаратов в животноводстве //Вестник РАСХН. 1999. № 1. С. 15-17.
2. **Санжарова Н.И., Сысоева А.А., Исамов Н.Н.(мл.), Алексахин Р.М., Кузнецов В.К., Жигарева Т.Л.** Роль химии в реабилитации сельскохозяйственных угодий, подвергшихся радиоактивному загрязнению //Российский химический журнал. ЖРХО им. Д.И. Менделеева. 2005. Т. 49, № 3. С. 26-34.
3. **Ratnikov A.N., Vasiliev A.V., Alexakhin R.M., Krasnova E.G., Pasternak A.D., Howard B.G., Hove K., Strand P.** The use of hexacyanoferrates in different forms to reduce radiocaesium contamination of animal products in Russia //Sci. Total Environ. 1998. V. 223. P. 167-176.
4. **Nigrovic V.** Enhancement of the excretion of radiocaesium in rats by ferricyanoferrate (II) //Int. J. Radiat. Biol. 1963. V. 7. P. 307-309.
5. **Giese W., Hantzsch D.** Comparative studies on cesium-137 elimination by various hexacyanoferrate complexes in the rat //Zentralblatt fur veterinarmedicine. 1970. V. 11. P. 191-197.
6. **Giese W.** Ammonium-ferric-cyano-ferrate (II) (AFCF) as an effective antidote against radiocaesium burdens in domestic animals and derived foods //Br. Vet. J. 1988. V. 144. P. 363-369.
7. **Чмырев М.А.** Исследование закономерностей накопления и распределения $^{134,137}\text{Cs}$ у свиноматок и их потомства в условиях хронического поступления радионуклидов в составе корма: автореф. дис. ... к.б.н. Обнинск, 1996. 24 с.
8. **Цыгвинцев П.Н., Царенок А.А., Гвоздик А.Ф., Телицина Н.В.** Динамика накопления и выведения ^{137}Cs в мышечной ткани лошадей //Проблемы радиологии загрязнённых территорий: Юбилейный тематический сборник /под ред. В.Ю. Агеец. Минск: ФГУП «Институт радиологии», 2006. Вып. 2. С. 213-217.
9. **Hove K., Strand P., Hansen H.S.** Experiences with the use of caesium binders to reduce radiocaesium contamination of grazing animals //Environmental contamination following a major nuclear accident. Eds.: S. Flitton, E.W. Katz. Vienna: IAEA, 1990. IAEA-SM-306/39. V. 2. P. 181-189.
10. **Unsworth E.F., Pearce J., McMurray C.H.** Investigation of the use of clay minerals and Prussian Blue in reducing the transfer of dietary radiocaesium to milk //Sci. Total Environ. 1989. V. 85. P. 339-347.
11. **Васильев А.В., Морозов И.А., Кудрявцев В.А., Исамов Н.Н., Краснова Е.Г.** Ведение животноводства на территориях, подвергшихся радиоактивному загрязнению //Химизация сельского хозяйства. 1992. № 2. С. 17-20.
12. **Ильязов Р.Г., Алексахин Р.М., Корнеев Н.А., Сироткин А.Н.** Радиозэкологические аспекты животноводства (последствия и контрмеры после катастрофы на Чернобыльской АЭС) /под общ. ред. Р.Г. Ильязова. Гомель: «Полеспечать», 1996. 179 с.
13. **Лысенко Н.П., Пастернак А.Д., Рогожина Л.В., Павлов А.Г.** Ведение животноводства в условиях загрязнения среды: Учебное пособие. СПб: Издательство «Лань», 2005. 240 с.
14. **Исамов Н.Н., Исамов Н.Н. (мл.), Пастернак А.Д.** Капсула пролонгированного действия со средством связывания радионуклидов в организме крупного рогатого скота. Патент РФ № 2296572 от 10 апреля 2007 г.
15. **Санжарова Н.И., Фесенко С.В., Романович И.К., Марченко Т.А., Раздайковин А.Н., Панов А.В., Шубина О.А., Прудников П.В., Исамов Н.Н., Радин А.И., Брук Г.Я.** Радиологические аспекты возвращения территорий Российской Федерации, пострадавших в результате аварии на Чернобыльской АЭС, к условиям нормальной жизнедеятельности //Радиационная биология. Радиозэкология. 2016. Т. 56, № 3. С. 322-335.

16. Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. СанПиН 2.3.2.1078-01 (с изменениями от 31 мая 2002 г., 20 августа 2002 г., 15 апреля 2003 г.).
17. Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. СанПиН 2.3.2.2650-10 (Дополнения и изменения № 18 к СанПиН 2.3.2.1078-01).
18. **Алексахин Р.М., Санжарова Н.И.** Последствия для сельского хозяйства //25 лет Чернобыльской аварии. Итоги и перспективы преодоления её последствий в России. 1986-2011: Российский национальный доклад /под ред. С.К. Шойгу и Л.А. Большова. М., 2011. С. 38-45.
19. Ветеринарно-санитарные требования к радиационной безопасности кормов, кормовых добавок, сырья кормового. Допустимые уровни содержания стронция-90, цезия-137. Ветеринарные правила и нормы ВП 13.5.13/09-00. Утверждены Министром сельского хозяйства Российской Федерации 19.12.2000 г.
20. Методика прижизненного определения концентрации $^{134,137}\text{Cs}$ в мышечной ткани сельскохозяйственных животных. Утверждена Первым заместителем министра сельского хозяйства Российской Федерации 30.12.1991 г.
21. **Исамов Н.Н. (мл.), Цыгвинцев П.Н., Исамов Н.Н., Пишенина Л.В.** Эффективность применения ферроцина для снижения содержания ^{137}Cs в молоке и мышечной ткани коров //Вестник РАСХН. 2013. № 6. С. 46-48.
22. **Губарева О.С., Исамов Н.Н., Цыгвинцев П.Н.** Применение новых ферроцинсодержащих комплексных кормовых добавок для снижения содержания ^{137}Cs в молоке коров //Радиация и риск. 2015. Т. 24, № 4. С. 35-42.

Radiological effectiveness of the use of Prussian Blue in combination with mixed cattle feed in livestock farms in the south-west rayons of the Bryansk oblast

Gubareva O.S., Isamov N.N., Tsygvintsev P.N., Ryasna E.I., Aleshkina E.N.

RIARAE, Obninsk

Effectiveness of Prussian Blue in livestock farms in the Bryansk oblast from 2010 to 2015 was estimated with the use of cluster analysis. The sorbent was effective for binding radionuclides in cows milk and meat during the pasture season. Reduction of ^{137}Cs level in factory farm cows may be descending or sinuous-like because the animals changed pastures during 30-60 days of follow-up, the level of herbage contamination with radiocesium in the pastures was different. Intravital dosimetry of cows muscle tissue showed that reduction of radiocesium level in milk was more pronounced than in meat. Forage, in which radiocesium content exceeds veterinary permissible levels by 1.9-3.7 times, presents a problem. High level of ^{137}Cs in forage means that radionuclide content in livestock products, i.e. in milk and dairy products, exceed hygienic permissible levels. Though radiation situation in agriculture is stable and the amount of products contaminated with radionuclides in 30 years after the Chernobyl accident reduced, Prussian Blue for reducing the content of radionuclides in cattle and livestock products will be in demand in the near future.

Key words: cows, milk, meat, cesium-137, mixed cattle feed, dosimetry, sorbent, ferrocene, bifege, boluses.

Gubareva O.S.* – Senior Researcher, C. Sc., Biol.; **Isamov N.N.** – Head of Lab., C. Sc., Biol.; **Tsygvintsev P.N.** – Head of Lab., C. Sc., Biol.; **Ryasna E.I.** – Research Assistant; **Aleshkina E.N.** – Research Assistant. RIARAE.

*Contacts: Kievskoe Sh., 109 km, Obninsk, Kaluga region, Russia, 249032. Tel.: 8 (484) 399-69-47; e-mail: gosolga56@mail.ru.

References

1. **Alexakhin R.M., Ratnikov A.N., Vasiliev A.V., Isamov N.N., Krasnova E.G., Morozov I.A.** The use of ferrocene compounds in animal farming. *Vestnik RASHN – Herald of the Russian Academy of Agricultural Sciences*, 1999, no. 1, pp. 15-17. (In Russian).
2. **Sanzharova N.I., Sysoev A.A., Isamov N.N.(Jr.), Alexakhin R.M., Kuznetsov V.K., Zhigareva T.L.** The role of chemistry in the rehabilitation of agricultural land affected by radioactive contamination. *Rossiiskij himicheskij zhurnal – Russian Chemical Journal*, 2005, vol. 49, no. 3, pp. 26-34. (In Russian).
3. **Ratnikov A.N., Vasiliev A.V., Alexakhin R.M., Krasnova E.G., Pasternak A.D., Howard B.G., Hove K., Strand P.** The use of hexacyanoferrates in different forms to reduce radiocaesium contamination of animal products in Russia. *Sci. Total Environ.*, 1998, vol. 223, pp. 167-176.
4. **Nigrovic V.** Enhancement of the excretion of radiocaesium in rats by ferricyanoferrate (II). *Int. J. Radiat. Biol.*, 1963, no. 7, pp. 307-309.
5. **Giese W., Hantzsch D.** Comparative studies on cesium-137 elimination by various hexacyanoferrate complexes in the rat. *Zentralblatt fur veterinarmedicine*, 1970, vol. 11, pp. 191-197.
6. **Giese W.** Ammonium-ferric-cyano-ferrate (II) (AFCF) as an effective antidote against radiocaesium burdens in domestic animals and derived foods. *Br. Vet. J.*, 1988, vol.144, pp. 363-369.
7. **Chmyrev M.A.** Investigation of the accumulation and distribution of $^{134,137}\text{Cs}$ sows and their offspring in a chronic intake of radionuclides in the composition of the feed. Can. biol. sci. diss. synopsis. Obninsk, 1996. 24 p. (In Russian).
8. **Tsygvintsev P.N., Tsarenok A.A., Stud A.F., Telitsina N.V.** Dynamics of accumulation and excretion of ^{137}Cs in muscle tissue of horses. Problems of radiology contaminated areas. Ed.: V.Y. Ageets. Minsk, Federal State Unitary Enterprise "Institute of Radiology", 2006, issue 2, pp. 213-217. (In Russian).
9. **Hove K., Strand P., Hansen H.S.** Experiences with the use of caesium binders to reduce radiocaesium contamination of grazing animals. Environmental contamination following a major nuclear accident. Eds.: Flitton S., Katz E.W. Vienna: IAEA, 1990. IAEA-SM-306/39, vol. 2, pp. 181-189.
10. **Unsworth E.F., Pearce J., McMurray C.H.** Investigations of the use of clay minerals and Prussian Blue in reducing the transfer of dietary radiocaesium to milk. *Sci. Total Environ.*, 1989, vol. 85, pp. 339-347.
11. **Vasiliev A.V., Morozov I.A., Kudryavtsev V.N., Krasnova E.G.** Management of livestock in the areas affected by radioactive contamination. *Chimisazija w cel'ckom chosajajctwe – Chemicals Used in Agriculture*, 1992, no. 2, pp. 17-20. (In Russian).
12. **Ilyazov R.G., Alexakhin P.M., Korneev N.A., Sirotkin A.N.** Radiological aspects of the animal (the consequences and countermeasures after the Chernobyl disaster) under total. Ed.: R.G. Ilyazov. Gomel: "Polespechat", 1996. 179 p. (In Russian).
13. **Lysenko N.P., Pasternak A.D., Rogozhina L.V., Pavlov A.G.** Keeping livestock in the conditions of pollution: textbook. St. Petersburg, Izdatelstvo "Lan", 2005. 240 p. (In Russian).
14. **Isamov N.N., Isamov N.N.(Jr.), Pasternak A.D.** Capsule prolonged action with a binding agent of radionuclides in the body of cattle. Patent RF no. 2296572, 2007. (In Russian).
15. **Sanzharova N.I., Fesenko S.V., Romanovich I.K., Marchenko T.A., Razdayvodin A.N., Panov A.V., Shubina O. A., Prudnikov P.V., Isamov N.N., Radin A.I., Brook G.Y.** Radiological aspects of the return of Russian territories affected by the Chernobyl accident, the conditions of normal life. *Radiacionnaja biologija. Radiojekologija – Radiation Biology. Radioecology*, 2016, vol. 56, no. 3, pp. 322-335. (In Russian).

16. Hygienic requirements for safety and nutritional value of food products. The sanitary and epidemiological rules and norms. SanPiN 2.3.2.1078-01 (as amended on May 31, 2002; August 20, 2002; April 15, 2003). (In Russian).
17. Hygienic requirements for safety and nutritional value of food products. The sanitary and epidemiological rules and norms. SanPiN 2.3.2.2650-10 (Amendments to SanPiN 2.3.2.1078-01 no. 18). (In Russian).
18. **Alexakhin R.M., Sanzharova N.I.** Consequences for agriculture. Russian national report "25 years after the Chernobyl accident. Results and prospects of overcoming its consequences in Russia. 1986-2011". Eds.: S.K. Shoigu, L.A. Bol'shov. Moscow, 2011, pp. 38-45. (In Russian).
19. Animal-health requirements for radiation safety of feed, feed additives, feed raw materials. Permissible levels of strontium-90, cesium-137. Veterinary rules and norms VP 13.5.13/09-00. Approved by the Minister of Agriculture of the Russian Federation of 19.12.2000. (In Russian).
20. Method of in vivo determination $^{134,137}\text{Cs}$ concentration in the muscle tissue of farm animals. Approved by the First Deputy Minister of Agriculture of the Russian Federation of 30.12.1991. (In Russian).
21. **Isamov N.N.(Jr.), Tsygvintsev P.N., Isamov N.N., Pishenina L.V.** The effectiveness of ferrocyn to reduce the ^{137}Cs content in milk cows and muscle tissue. *Westnik Rossijskoj akademii sel'skoxozjajstvennykh nauk – Journal of Russian Academy of Agricultural Sciences*, 2013, no. 6, pp. 46-48. (In Russian).
22. **Gubareva O.S., Isamov N.N., Tsygvintsev P.N.** Application of the new complex of Prussian Blue feed additives to reduce the ^{137}Cs content in milk of cows. *Radiacija i risk – Radiation and Risk*, 2015, vol. 24, no. 4, pp. 35-42. (In Russian).