

**А.В. Панов, доктор биологических наук, профессор РАН**  
**Н.Н. Исамов, кандидат биологических наук**  
**О.С. Губарева, кандидат биологических наук**  
**П.Н. Цыгвинцев, кандидат биологических наук**  
**А.Н. Ратников, доктор сельскохозяйственных наук**  
**Е.Н. Алешкина**

*Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии*  
*РФ, 249032, г. Обнинск, Калужская область, Киевское шоссе, 109 км*  
 E-mail: riar@mail.ru

УДК: 631.95:636.084/087:637.12:637.5

DOI:10.30850/vrsn/2021/4/58-63

## ТЕХНОЛОГИИ ВЕДЕНИЯ ЖИВОТНОВОДСТВА ПРИ МАСШТАБНОМ РАДИОАКТИВНОМ ЗАГРЯЗНЕНИИ (К 35-ЛЕТИЮ АВАРИИ НА ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АЭС)

*На примере аварии на Чернобыльской АЭС показаны проблемы ведения животноводства при радиоактивном загрязнении сенокосов и пастбищ. Представлены факторы, определяющие накопление радионуклидов в молоке и мясе. Отмечено, что превышение санитарно-гигиенических нормативов по содержанию <sup>137</sup>Cs в продукции животноводства юго-западных районов Брянской области носит длительный (десятки лет) характер и требует продолжения проведения реабилитационных работ. Дана классификация защитных мероприятий и технологий в животноводстве, проводимых после аварии на ЧАЭС. Показано, что наиболее эффективно применять Cs-связывающие сорбенты – ферроцинсодержащие препараты для лактирующих коров и скота на откорме. Выделены хозяйства юго-западных районов Брянской области, где до настоящего времени существует риск превышения нормативов по содержанию радионуклидов в продукции животноводства. Для этих хозяйств предложена схема применения ферроцинсодержащих препаратов в зависимости от уровней загрязнения <sup>137</sup>Cs лугопастбищных угодий.*

**Ключевые слова:** авария на ЧАЭС, радиоактивное загрязнение, <sup>137</sup>Cs, животноводство, молоко, мясо, корма, радиационный мониторинг и контроль, защитные мероприятия, ферроцинсодержащие препараты.

**A.V. Panov, Grand PhD in Biological sciences, Professor of the RAS**  
**N.N. Isamov, PhD in Biological sciences**  
**O.S. Gubareva, PhD in Biological sciences**  
**P.N. Tsygvintsev, PhD in Biological sciences**  
**A.N. Ratnikov, Grand PhD in Agricultural sciences**  
**E.N. Aleshkina**

*All-Russian Institute of Radiology and Agroecology*  
*RF, 249032, g. Obninsk, Kaluzhskaya obl., Kievskoe shosse, 109 km*  
 E-mail: riar@mail.ru

## LIVESTOCK FARMING TECHNOLOGIES IN CASE OF LARGE-SCALE RADIOACTIVE CONTAMINATION (TO 35TH-ANNIVERSARY OF THE CHERNOBYL NPP ACCIDENT)

*On the example of the Chernobyl NPP accident, the problems of animal husbandry in case of radioactive contamination of hayfields and pastures are shown. The factors determining the accumulation of radionuclides in milk and meat are presented. It is noted that the excess of radiological standards for the content of <sup>137</sup>Cs in livestock products in the southwestern districts of the Bryansk region is long-term and requires continuation of rehabilitation work. A classification of countermeasures and technologies in animal husbandry carried out after the Chernobyl accident is given. It was shown that the most effective was the use of Cs-binding sorbents – hexacyanoferrates for lactating cows and fattening cattle. Farms in the southwestern districts of the Bryansk region have been identified, where until now there is a risk of exceeding the standards for the content of radionuclides in livestock products. For these farms, a scheme for the use of hexacyanoferrates was proposed depending on the levels of <sup>137</sup>Cs contamination of grassland.*

**Key words:** Chernobyl NPP accident, radioactive contamination, <sup>137</sup>Cs, livestock, milk, meat, food animals, radiation monitoring and control, countermeasures, hexacyanoferrates.

Авария на Чернобыльской АЭС – крупнейшая катастрофа в истории мировой ядерной энергетики, которая привела к масштабному радиоактивному загрязнению территорий республик бывшего СССР (Российская, Белорусская и Украинская) и ряда государств Европы. Общая площадь загрязнения <sup>137</sup>Cs (основной радиологически значимый радионуклид) составила 191,56 тыс. км<sup>2</sup>. [14] Максимальные уровни выпадений радиоизотопов были зафиксированы в юго-западных районах Брянской области. В несколько меньшей степени затронуты районы

Калужской, Тульской и Орловской областей. [3] Значительную долю на пострадавших от аварии территориях занимали аграрные экосистемы. Высокие уровни и длительный характер загрязнения радионуклидами сельскохозяйственных угодий ( $T_{1/2}^{137\text{Cs}} = 30,17$  лет) предопределили необходимость ведения агропромышленного производства в условиях сложной радиационной обстановки в течение десятков лет. [7] После аварии на ЧАЭС основным дозообразующим сельскохозяйственным продуктом на территории, подвергшейся радиоак-

тивному загрязнению, стало молоко. Процесс восстановления отрасли животноводства на загрязненных радионуклидами территориях включает проведение системы защитных мероприятий с учетом радиоэкологических, природно-климатических и экономических условий, направленных не только на получение продукции, соответствующей радиологическим нормативам, но и обеспечивающих стабильное ее функционирование и поэтапный переход к стандартным технологиям ведения без ограничения по радиационному фактору. [2, 7, 12]

Проводимый после аварии на ЧАЭС радиационный контроль сельскохозяйственных земель и продукции показал, что особенностью загрязнения радионуклидами молока и мяса была пространственная и временная неоднородность содержания радионуклидов в продукции животноводства. Это потребовало при анализе различных вариантов применения защитных мероприятий и реабилитационных технологий использовать показатели риска (вероятность) превышения радиологических нормативов в продукции: сначала ВДУ (временно допустимые уровни), а впоследствии СанПиН (санитарные правила и нормы). К числу основных факторов, определяющих уровни содержания радионуклидов в молоке и мясе, относятся особенности ведения сельскохозяйственного производства, включая плотности загрязнения  $^{137}\text{Cs}$  кормовых угодий, характеристики почв, применяемые защитные и реабилитационные мероприятия. [13] Из-за комбинированного влияния всех этих факторов, хозяйства, где ведется животноводство, классифицировали по риску превышения нормативов и плотностям радиоактивного загрязнения. Уровни содержания  $^{137}\text{Cs}$  в почвах лугопастбищных угодий наиболее пострадавших от аварии районов Брянской области, определяющие в значительной степени риски превышения радиологических нормативов в молоке и мясе, — 37...1400 кБк/м<sup>2</sup> [10] При этом, показано отсутствие четкой зависимости уровней удельной активности  $^{137}\text{Cs}$  в молоке от плотности радиоактивного загрязнения сенокосов и пастбищ, что связано с характеристиками почв, используемых для производства кормов и выпаса животных, а также влиянием проводимых защитных мероприятий. [13] Свойства почвенного покрова определяют доступность радионуклидов в системе почва — растения. При получении кормов на дерново-подзолистых песчаных и супесчаных почвах коэффициенты перехода  $^{137}\text{Cs}$  в системе почва — молоко от 5 до 10 раз выше, чем при ведении кормопроизводства на более плодородных почвах средне- и тяжело-суглинистого механического состава. Почвенный покров сельскохозяйственных угодий юго-запада Брянской области представлен песчаными и супесчаными дерново-подзолистыми, болотно-торфяными, торфяными и перегнойно-торфяными почвами с наиболее высокими параметрами миграции радионуклидов. Это определяет разную степень необходимости проведения контрмер и во многом объясняет ситуацию в хозяйствах, где отмечен высокий риск превышения нормативов  $^{137}\text{Cs}$  в молоке при невысоких уровнях загрязнения кормовых угодий.

После аварии на ЧАЭС во всех отраслях сельского хозяйства был выполнен обширный комплекс защитных и реабилитационных мероприятий, ко-

торый позволил значительно улучшить радиационную обстановку, особенно производство нормативно «чистой» продукции животноводства. [8, 11] Однако и через 35 лет после аварии, в наиболее радиоактивно загрязненных юго-западных районах Брянской области не удается полностью обеспечить получение молока и говядины, соответствующих радиологическим стандартам. Результаты радиационного контроля показывают, что необходимость в продолжении внедрения реабилитационных технологий для безопасной по содержанию радионуклидов продукции животноводства сохраняется в 15 хозяйствах этих районов, а в 9 из них превышение требований СанПиН 2.3.2.1078-01 и 2.3.2.2650-10 по концентрации  $^{137}\text{Cs}$  в молоке и мясе будет еще в ближайшие десять лет. [9, 10]

При ведении животноводства на радиоактивно загрязненных территориях основная проблема — получение радиологически «чистых» кормов (сено, сенаж, трава, силос). Высокие уровни загрязнения  $^{137}\text{Cs}$  кормов определяют превышение радиологических нормативов в продукции животноводства. [5] Опыт ведения отрасли на радиоактивно загрязненных территориях показал, что применение Cs-связывающих сорбентов (ферроцианиды) способствует получению молока и мяса, соответствующих нормативам по содержанию  $^{137}\text{Cs}$ . [1, 4, 15] В настоящее время, несмотря на значительное снижение доли загрязненной  $^{137}\text{Cs}$  продукции животноводства и стабилизации радиологической ситуации в сельском хозяйстве, проведение радиационного контроля и применение ферроцинсодержащих препаратов остается актуальным.

Цель работы — оценка современной радиационной ситуации в области ведения животноводства на пострадавших от аварии на Чернобыльской АЭС территориях и выработка рекомендаций по ее улучшению.

#### **Защитные мероприятия в животноводстве при радиоактивном загрязнении**

После аварии на ЧАЭС были научно обоснованы приемы по снижению накопления радионуклидов в продукции животноводства: ограничение поступления радионуклидов в организм сельскохозяйственных животных; снижение их усвоения; блокирование транспортировки по внутренним органам; увеличение скорости выведения. [8, 12]

Для реализации этих подходов были разработаны и активно применялись различные виды защитных мероприятий:

— ограничительные, исключающие использование кормовых угодий при невозможности или нецелесообразности проведения агротехнических и агрохимических действий (лесные, болотные пастбища и сенокосы, постоянно затопляемые пойменные луга, территории с плотностью загрязнения  $^{137}\text{Cs}$  выше 1480 кБк/м<sup>2</sup>) и некультурных пастбищ или сенокосов для молочного скота при плотности загрязнения  $^{137}\text{Cs}$  на минеральных почвах — выше 555 кБк/м<sup>2</sup>, торфяных — выше 185 кБк/м<sup>2</sup>;

— организационные зоотехнические, включающие рациональное использование сенокосов и пастбищ, подбор кормов для животных, предубойный откорм животных «чистыми» кормами и другие;

**Таблица 1.**  
**Животноводство в юго-западных районах Брянской области (2010–2015 годы)**

Район	Число хозяйств	Поголовье дойных коров	Поголовье КРС на откорме и нагуле	Число измерений содержания <sup>137</sup> Cs в молоке, мясе
Гордеевский	12	2939	3157	168
Злынковский	9	1035	702	440
Клинцовский	11	2370	5510	310
Красногорский	14	3374	1052	1140
Новозыбковский	12	2477	3073	332

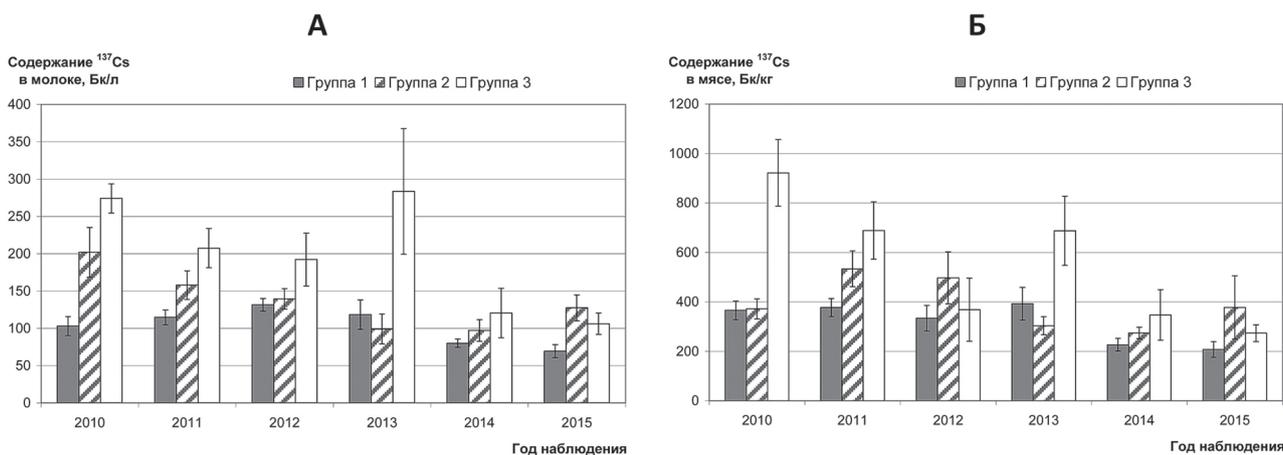
— ветеринарные, направленные на снижение усвоения попавших в организм радионуклидов, с помощью Cs-связывающих препаратов (ферроцин, бифеж, содержащие ферроцин болюсы и брикеты соли-лизунца). [1, 4, 6, 11, 15]

**Радиационная ситуация в животноводстве юго-западных районов Брянской области**

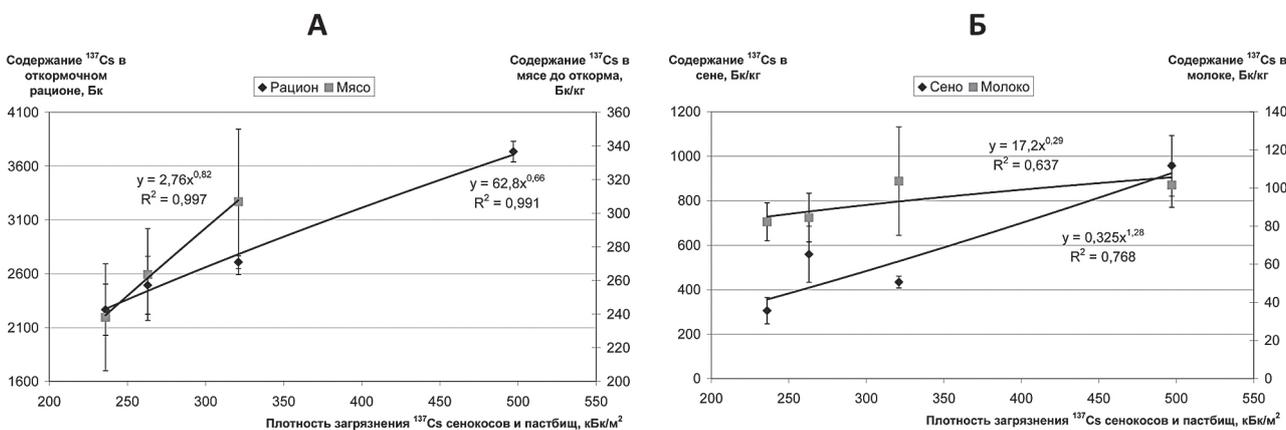
Учитывая, что исследуемые территории в наибольшей степени подверглись загрязнению <sup>137</sup>Cs после аварии на ЧАЭС, за весь период ликвидации последствий аварии в сельском хозяйстве, региону уделяется пристальное внимание. Для оценки со-

временной радиационной обстановки в животноводстве пяти районов в 2010–2015 годах собирали, обобщали и анализировали данные по плотности загрязнения <sup>137</sup>Cs кормовых угодий, основным компонентам рациона продуктивных животных, а также о поголовье крупного рогатого скота в каждом хозяйстве и удельной активности <sup>137</sup>Cs в молоке и мясе. [9] В 58 хозяйствах общее поголовье КРС — 25689 гол., включая дойное стадо (12195 гол.) и на откорме и нагуле (13494 гол.) (табл. 1). Производство кормов в агропредприятиях ведется на дерново-подзолистой почве.

Загрязнение <sup>137</sup>Cs лугопастбищных угодий постепенно снижается, что обусловлено физическим распадом радионуклида и проведением реабилитационных мероприятий (агротехнические в составе коренного улучшения земель). В ряде агропредприятий показатели средневзвешенной плотности загрязнения остаются достаточно высокими (>200 кБк/м<sup>2</sup>). С помощью кластерного анализа загрязнения <sup>137</sup>Cs продукции животноводства все хозяйства классифицировали на три группы. [4] Наиболее радиоактивно загрязненные агропредприятия (3 группа): КФХ «Заулочная В.С.» (СПК «Кожановский»); СПК «Надежда»; СПК «Рабочий» Гордеевского района и СПК «Рассвет» Клинцовского района. Во 2-ю группу вошли: ГНУ НСОС ВНИИА люпина; СХПК «Колхоз им. Ленина»;



**Рис. 1.** Динамика содержания <sup>137</sup>Cs в молоке (А) и мясе (Б) коров в группах хозяйств юго-западных районов Брянской области.



**Рис. 2.** Зависимость содержания <sup>137</sup>Cs в откормочном рационе и мясе (А), в сене и молоке коров (Б) от плотности радиоактивного загрязнения лугопастбищных угодий.

СХПК «Комсомолец» Новозыбковского района; СПК «Заря»; СПК «Труд» Клинцовского района. Остальные хозяйства отнесли к 1-й группе с минимальными уровнями удельной активности <sup>137</sup>Cs в молоке и мясе коров в конце пастбищного периода (рис. 1).

В хозяйствах 3-й группы удельная активность <sup>137</sup>Cs в молоке и мясе коров резко изменяется по годам, в менее радиоактивно загрязненных хозяйствах годовая вариация этого показателя выражена значительно меньше.

Содержание <sup>137</sup>Cs в молоке и мясе коров определяется не только уровнем радиоактивного загрязнения сельскохозяйственных угодий, но и наличием достаточного объема кормов, произведенных на окультуренных лугопастбищных угодьях, а также погодными условиями. При засушливом лете в период заготовки сена и в конце пастбищного периода, из-за нехватки кормов, сенокос и выпас коров может проводиться в поймах рек на заливных лугах или других неокультуренных угодьях с высоким уровнем содержания <sup>137</sup>Cs в растительности.

Плотность загрязнения <sup>137</sup>Cs сенокосов и пастбищ с высокой степенью достоверности ( $R^2 > 0,99$ ) определяет как уровень содержания радионуклидов в рационе коров, так и удельную активность <sup>137</sup>Cs в мясе (рис. 2-А). Зависимость содержания <sup>137</sup>Cs в сене и молоке коров от плотности радиоактивного загрязнения лугопастбищных угодий имеет меньшую достоверность, что обусловлено рационом кормления дойных коров и особенностями заготовки сена в агропредприятиях (рис. 2-Б).

При плотности радиоактивного загрязнения сенокосов и пастбищ на уровне 150 кБк/м<sup>2</sup> удельная активность <sup>137</sup>Cs в молоке и говядине – 80 и 165 Бк/кг соответственно. При более высоких уровнях загрязнения (с учетом погрешности измерений и расчетов) необходимо периодически применять ферроцинсодержащие препараты для коров, поскольку риски превышения радиологических нормативов по содержанию <sup>137</sup>Cs в молоке будут возрастать (табл. 2). Если рассматривать необходимые условия для применения ферроцинсодержащих препаратов при откорме, то от плотности радиоактивного загрязнения сенокосов и пастбищ также будет зависеть продолжительность дополнительного откорма крупного рогатого скота (табл. 3).

Предложена система применения ферроцинсодержащих препаратов в хозяйствах юго-западных районов Брянской области в зависимости от плотности загрязнения <sup>137</sup>Cs лугопастбищных угодий (табл. 4).

**Выводы.** Несмотря на значительное время, прошедшее после аварии на ЧАЭС, в ряде хозяйств

**Таблица 2.**  
**Зависимость риска превышения требований СанПиН по содержанию <sup>137</sup>Cs в молоке от плотности радиоактивного загрязнения лугопастбищных угодий**

Плотность загрязнения <sup>137</sup> Cs сенокосов и пастбищ, кБк/м <sup>2</sup>	Среднее содержание <sup>137</sup> Cs в молоке коров, Бк/кг	Доля молока, превышающая требования СанПиН
50	55	0,01
100	70	0,15
150	80	0,25
200	90	0,40
250	95	0,45
270	100	0,5
350	110	0,6
550	130	0,7
800	150	0,8
1800	200	0,9

**Таблица 3.**  
**Зависимость длительности дополнительного откорма КРС с применением ферроцина от плотности радиоактивного загрязнения лугопастбищных угодий**

Плотность загрязнения <sup>137</sup> Cs сенокосов и пастбищ, кБк/м <sup>2</sup>	Среднее содержание <sup>137</sup> Cs в говядине, Бк/кг	Длительность дополнительного откорма, сут.
50	70	–
100	120	–
150	165	–
200	210	5
250	250	10
300	290	14
350	330	18
400	370	21
450	405	23
500	445	26
550	480	28
600	515	30
650	550	32
700	585	33

юго-западных районов Брянской области все еще отмечаются случаи превышения нормативов по содержанию <sup>137</sup>Cs в кормах и продукции животноводства. Для исключения производства молока и мяса с превышением нормативов СанПиН необходимо применение ферроцинсодержащих препаратов. Представленные результаты исследований будут

**Таблица 4.**  
**Схема применения ферроцинсодержащих препаратов (ФСП) в зависимости от плотности загрязнения <sup>137</sup>Cs сенокосов и пастбищ**

Плотность загрязнения <sup>137</sup> Cs, кБк/м <sup>2</sup>	Применение ФСП	Среднее количество кормодней, сут.	
		на одну лактирующую корову	на одну голову КРС
<150	Не требуется	–	–
150...200	Для дойного стада и КРС на откорме (кормовые угодья на торфяных и торфо-глеевых почвах)	90	5
200...300		125	10
300...500	Для дойного стада и откорма КРС	160	20
>500		220	30

способствовать оптимизированию стратегии реабилитации сферы животноводства (молочное, мясное скотоводство) на радиоактивно загрязненных территориях и скорейшему возвращению их к условиям нормальной хозяйственной деятельности без ограничения по радиационному фактору.

**СПИСОК ИСТОЧНИКОВ**

1. Алексахин, Р.М. Использование ферроцинсодержащих препаратов в животноводстве / Р.М. Алексахин, А.Н. Ратников, А.В. Васильев и др. // Вестник РАСХН. – 1999. – № 1. – С. 15–17.
2. Алексахин, Р.М. Концепция реабилитации загрязненных сельскохозяйственных угодий в отдаленный период после аварии на Чернобыльской АЭС / Р.М. Алексахин, С.В. Фесенко, Н.И. Санжарова и др. // Вестник РАСХН. – 2003. – № 3. – С. 14–17.
3. Атлас современных и прогнозных аспектов последствий аварии на Чернобыльской АЭС на пострадавших территориях России и Беларуси (АСПА Россия-Беларусь) / Под ред. Ю.А. Израэля и И.М. Богдевича. – М. – Минск: Фонд «Инфосфера» – НИА–Природа, 2009. – 140 с.
4. Губарева, О.С. Оценка радиологической эффективности комплексного применения смеси комбикормов с ферроцинсодержащими препаратами в хозяйствах юго-западных районов Брянской области / О.С. Губарева, Н.Н. Исамов, П.Н. Цыгвинцев и др. // Радиация и риск. – 2017. – Т. 26. – № 1. – С. 89–99.
5. Захарова, Л.Л. Ветеринарно-санитарная оценка безопасности кормов и животноводческой продукции на территориях, загрязненных радионуклидами <sup>137</sup>Cs и <sup>90</sup>Sr / Л.Л. Захарова, Г.А. Жоров, П.Н. Рубченков // Российский журнал «Проблемы ветеринарной санитарии, гигиены и экологии». – 2013. – № 2 (10). – С. 69–72.
6. Исамов, Н.Н. Защитные технологические приемы в кормопроизводстве и животноводстве в условиях радиоактивного загрязнения сельскохозяйственных угодий / Н.Н. Исамов, Н.И. Санжарова, В.К. Кузнецов // Достижения науки и техники в АПК. – 2004. – № 7. – С. 30–32.
7. Крупные радиационные аварии: последствия и защитные меры / Под ред. акад. РАН Л.А. Ильина, В.А. Губанова. – М., ИздАТ, 2001. – 752 с.
8. Научные основы реабилитации сельскохозяйственных территорий, загрязненных радиоактивными веществами в результате крупных радиационных аварий. Руководство / Под ред. Н.И. Санжаровой. – Обнинск: ГНУ ВНИИСХРАЭ, 2009. – 150 с.
9. Панов, А.В. Радиологический контроль продукции животноводства и кормопроизводства юго-западных районов Брянской области, подвергшихся воздействию аварии на ЧАЭС / А.В. Панов, Н.Н. Исамов, Н.И. Санжарова, Ю.А. Рыбалко // Российский журнал Проблемы ветеринарной санитарии, гигиены и экологии. – 2015. – № 4 (16). – С. 91–99.
10. Панов, А.В. Радиологическая оценка сельскохозяйственных земель и продукции юго-западных районов Брянской области, загрязненных радионуклидами в результате аварии на Чернобыльской АЭС / А.В. Панов, П.В. Прудников, И.Е. Титов и др. // Радиационная гигиена. – 2019. – Т. 12. – № 1. – С. 25–35.
11. Санжарова, Н.И. Защитные и реабилитационные мероприятия в сельском хозяйстве: к 30-летию аварии на ЧАЭС / Н.И. Санжарова, А.В. Панов, Н.Н. Исамов, П.В. Прудников // Агрехимический вестник. – 2016. – № 2. – С. 5–9.

12. Сельскохозяйственная радиоэкология / Под ред. Р.М. Алексахина, Н.А. Корнеева. – М., Экология, 1992. – 400 с.
13. Фесенко, С.В. Закономерности изменения содержания <sup>137</sup>Cs в молоке в отдаленный период после аварии на Чернобыльской АЭС / С.В. Фесенко, А.Ю. Пахомов, А.Д. Пастернак и др. // Радиационная биология. Радиоэкология. – 2004. – Т. 44. – № 3. – С. 336–345.
14. IAEA. International Atomic Energy Agency. Environmental consequences of the Chernobyl accident and their remediation: twenty years of experience. Report of the UN Chernobyl Forum Expert Group «Environment» (EGE). Vienna, IAEA, 2006. – 166 p.
15. Ratnikov, A.N. The use of hexacyanoferrates in different forms to reduce radiocaesium contamination of animal products in Russia / A.N. Ratnikov, A.V. Vasiliev, R.M. Alexakhin et al. // Science of the Total Environment. – 1998. – Vol. 223. – P. 167–176.

**LIST OF SOURCES**

1. Aleksakhin, R.M. Ispol'zovaniye ferrotsinsoderzhashchikh preparatov v zhitovnovodstve / R.M. Aleksakhin, A.N. Ratnikov, A.V. Vasil'yev et al. // Vestnik RASHN. – 1999. – № 1. – S. 15–17.
2. Aleksakhin, R.M. Kontseptsiya reabilitatsii zagryaznennykh sel'skokhozyaystvennykh ugodiy v otdalennyy period posle avarii na Chernobyl'skoy AES / R.M. Aleksakhin, S.V. Fesenko, N.I. Sanzharova et al. // Vestnik RASHN. – 2003. – № 3. – S. 14–17.
3. Atlas sovremennykh i prognoznykh aspektov posledstviy avarii na Chernobyl'skoy AES na postradavshikh territoriyakh Rossii i Belarusi (ASPА Rossiya-Belarus') / Pod red. Yu.A. Izraelya i I.M. Bogdevicha. – M.-Minsk: Fond «Infosfera» – NIA-Priroda, 2009. – 140 s.
4. Gubareva, O.S. Otsenka radiologicheskoy effektivnosti kompleksnogo primeneniya smesi kombikormov s ferrotsinsoderzhashchimi preparatami v khozyaystvakh yugo-zapadnykh rayonov Bryanskooy oblasti / O.S. Gubareva, N.N. Isamov, P.N. Tsygvintsev et al. // Radiatsiya i risk. – 2017. – T. 26. – № 1. – S. 89–99.
5. Zakharova, L.L. Veterinarno-sanitarnaya otsenka bezopasnosti kormov i zhitovnovodcheskoy produktsii na territoriyakh, zagryaznennykh radionuklidami <sup>137</sup>Cs i <sup>90</sup>Sr / L.L. Zakharova, G.A. Zhorov, P.N. Rubchenkov // Rossiyskiy zhurnal «Problemy veterinarnoy sanitarii, gigiyeny i ekologii». – 2013. – № 2 (10). – S. 69–72.
6. Isamov, N.N. Zashchitnyye tekhnologicheskiye priyemy v kormoproizvodstve i zhitovnovodstve v usloviyakh radioaktivnogo zagryazneniya sel'skokhozyaystvennykh ugodiy / N.N. Isamov, N.I. Sanzharova, V.K. Kuznetsov // Dostizheniya nauki i tekhniki v APK. – 2004. – № 7. – S. 30–32.
7. Krupnyye radiatsionnyye avarii: posledstviya i zashchitnyye mery / Pod red. akad. RAMN L.A. Il'ina, V.A. Gubanova. – M., Izdat, 2001. – 752 s.
8. Nauchnyye osnovy reabilitatsii sel'skokhozyaystvennykh territoriy, zagryaznennykh radioaktivnymi veshchestvami v rezul'tate krupnykh radiatsionnykh avariy. Rukovodstvo / Pod red. N.I. Sanzharovoy. – Obninsk: GNU VNI-ISKHRAE, 2009. – 150 s.
9. Panov, A.V. Radiologicheskii kontrol' produktsii zhitovnovodstva i kormoproizvodstva yugo-zapadnykh rayonov Bryanskooy oblasti, podvergshikhsya vozdeystviyu avarii na ChAES / A.V. Panov, N.N. Isamov, N.I. Sanzharova, Yu.A. Rybalko // Problemy veterinarnoy sanitarii, gigiyeny i ekologii». – 2015. – № 4 (16). – S. 91–99.

10. Panov, A.V. Radioekologicheskaya otsenka sel'skokhozyaystvennykh zemel' i produktii yugo-zapadnykh rayonov Bryanskoy oblasti, zagryaznennykh radionuklidami v rezul'tate avarii na Chernobyl'skoy AES / A.V. Panov, P.V. Prudnikov, I.E. Titov et al. // Radiatsionnaya gigiyena. – 2019. – T. 12. – № 1. – S. 25–35.
11. Sanzharova, N.I. Zashchitnyye i rehabilitatsionnyye meropriyatiya v sel'skom khozyaystve: k 30-letiyu avarii na ChAES / N.I. Sanzharova, A.V. Panov, N.N. Isamov, P.V. Prudnikov // Agrokhimicheskij vestnik. – 2016. – № 2. – S. 5–9.
12. Sel'skokhozyaystvennaya radioekologiya / Pod red. R.M. Aleksakhina, N.A. Korneyeva. – M., Ekologiya, 1992. – 400 s.
13. Fesenko, S.V. Zakonomernosti izmeneniya sodержaniya <sup>137</sup>Cs v moloke v otdalennyi period posle avarii na Chernobyl'skoy AES / S.V. Fesenko, A.Yu. Pakhomov, A.D. Pasternak et al. // Radiatsionnaya biologiya. Radioekologiya. – 2004. – T. 44. – № 3. – S. 336–345.
14. IAEA. International Atomic Energy Agency. Environmental consequences of the Chernobyl accident and their remediation: twenty years of experience. Report of the UN Chernobyl Forum Expert Group «Environment» (EGE). Vienna, IAEA. 2006. – 166 p.
15. Ratnikov, A.N. The use of hexacyanoferrates in different forms to reduce radiocaesium contamination of animal products in Russia / A.N. Ratnikov, A.V. Vasiliev, R.M. Alexakhin et al. // Science of the Total Environment. – 1998. – Vol. 223. – P. 167–176.