

Научная статья/Research Article

УДК 631.438.2:546.36 (571.51)

DOI: 10.36718/1819-4036-2024-4-136-143

Арина Сергеевна Федотова

Красноярский государственный аграрный университет, Красноярск, Россия

krasfas@mail.ru

УДЕЛЬНАЯ АКТИВНОСТЬ ^{137}Cs В АГРОПРОДУКЦИИ БИОГЕОЦЕНОЗОВ ЦЕНТРАЛЬНЫХ РАЙОНОВ КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ

Цель исследования – оценить радиационную безопасность агропродукции аграрных ландшафтов с дополнительной радиационной нагрузкой. В работе приводится литературный обзор по оценке радиационной безопасности кормов и продукции животноводства, производимых в агробиоценозах, загрязненных в результате радиационных аварий на территориях Российской Федерации и Республики Беларусь. В статье отражена радиэкологическая обстановка в центральных районах Красноярского края. Исследования проведены в период 2016–2018 гг. на базе лаборатории ФГБУ ГЦАС «Красноярский» и лаборатории радиационного контроля «ШАНЭКО Сибирь» – филиал АО «ГК ШАНЭКО». В работе на основании радиэкологического обследования аграрных ландшафтов центральных районов Красноярского края выделены ландшафты с антропогенным загрязнением, получены данные по удельной активности ^{137}Cs в зеленых и грубых кормах, заготавливаемых в сенокосно-пастбищных агробиоценозах аграрных ландшафтов центральных районов Красноярского края. Оценено содержание ^{137}Cs в продукции животноводства, производимой в аграрных ландшафтах с дополнительной техногенной нагрузкой. Содержание ^{137}Cs в кормах аграрных ландшафтов с поглощенными дозами 1,33 и 1,55 мГр/год превышает значение удельной активности техногенного цезия по Красноярскому краю. В аграрных ландшафтах с дополнительным техногенным загрязнением удельная активность суточного рациона по ^{137}Cs выше, чем на остальной территории края. В аграрных ландшафтах с дозами 1,33 и 1,55 мГр/год содержание ^{137}Cs в кормах не достигает величин контрольных уровней, установленных инструкцией №-13-7-2/216, соответственно на территории Красноярского края производятся безопасные в радиационном отношении корма. В аграрных ландшафтах с поглощенными дозами 1,33 и 1,55 мГр/год установлено превышение значений удельной активности ^{137}Cs в молоке коровьем, однако установленное содержание техногенного ^{137}Cs не превышает требований СанПиН 2.3.2.1078-01.

Ключевые слова: ^{137}Cs , агробиоценозы, удельная активность ^{137}Cs , корма, молоко, агропродукция, радиационная безопасность

Для цитирования: Федотова А.С. Удельная активность ^{137}Cs в агропродукции биогеоценозов центральных районов Красноярского края // Вестник КрасГАУ. 2024. № 4. С. 136–143. DOI: 10.36718/1819-4036-2024-4-136-143.

Arina Sergeevna Fedotova

Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk, Russia

krasfas@mail.ru

**¹³⁷Cs SPECIFIC ACTIVITY IN AGRICULTURAL PRODUCTS OF BIOGEOCENOSSES
IN CENTRAL PARTS OF THE KRASNOYARSK REGION**

The purpose of the study is to assess the radiation safety of agricultural products in agricultural landscapes with additional radiation load. The work provides a literature review on assessing the radiation safety of feed and livestock products produced in agrobiocenoses contaminated as a result of radiation accidents in the territories of the Russian Federation and the Republic of Belarus. The paper reflects the radioecological situation in the central parts of the Krasnoyarsk Region. The studies were conducted in the period 2016–2018 on the basis of the laboratory of the Federal State Budgetary Institution GCAS Krasnoyarskiy and the radiation monitoring laboratory SHANECO Siberia – a branch of JSC SHANECO Group JSC. In this work, based on a radioecological survey of agricultural landscapes in the central parts of the Krasnoyarsk Region, landscapes with anthropogenic pollution were identified, data on the specific activity of ¹³⁷Cs in green and roughage harvested in hay-pasture agrobiocenoses of agricultural landscapes in the central parts of the Krasnoyarsk Region were obtained. The content of ¹³⁷Cs in livestock products produced in agricultural landscapes with additional technogenic load was assessed. The content of ¹³⁷Cs in the feed of agricultural landscapes with absorbed doses of 1.33 and 1.55 mGy/year exceeds the value of the specific activity of technogenic cesium in the Krasnoyarsk Region. In agricultural landscapes with additional technogenic pollution, the specific activity of the daily diet for ¹³⁷Cs is higher than in the rest of the region. In agricultural landscapes with doses of 1.33 and 1.55 mGy/year, the content of ¹³⁷Cs in feed does not reach the control levels established by instruction № 13-7-2/216; accordingly, radiation-safe feed is produced in the Krasnoyarsk Region. In agricultural landscapes with absorbed doses of 1.33 and 1.55 mGy/year, the specific activity of ¹³⁷Cs in cow's milk was found to be exceeded, but the established content of technogenic ¹³⁷Cs does not exceed the requirements of SanPiN 2.3.2.1078-01.

Keywords: ¹³⁷Cs, agrobiocenoses, specific activity of ¹³⁷Cs, feed, milk, agricultural products, radiation safety

For citation: Fedotova A.S. ¹³⁷Cs specific activity in agricultural products of biogeocenoses in central parts of the Krasnoyarsk Region // Bulliten KrasSAU. 2024;(4): 136–143 (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2024-4-136-143.

Введение. Увеличение техногенного радиационного воздействия на аграрные ландшафты – важная радиобиологическая проблема. В настоящий момент подробно изучены особенности радиационного загрязнения агробиоценозов, имеющих техногенное радиоактивное загрязнение выше нормативных значений, сформированное в результате радиационных катастроф или испытаний ядерного оружия. Оценка удельной активности агропродукции является неотъемлемым этапом мониторинга радиационной безопасности. Радиоэкологический мониторинг в Республике Татарстан, выполненный Н.В. Акмуллиной в период 2007–2011 гг., показывает, что удельное содержание ¹³⁷Cs в свекле кормовой, картофеле, силосе, траве, соломе, сене, зернофураже, молоке, говядине изменялось в 2–4 раза, но не достигало критического уровня. Установлено, что удельная активность ¹³⁷Cs в агропродукции составляла: молоко коровье – 0,12 Бк/кг; мясо – 2,58; солома – 0,66; свекла

кормовая – 0,25 Бк/кг [1]. По данным А.Д. Булохова, в Брянской области имеются агробиоценозы с плотностью загрязнения почвы ¹³⁷Cs более 74 кБк/м², или 2 Ки/км², при этом концентрация ¹³⁷Cs в кормах этих агробиоценозов выше контрольных уровней, установленных нормативными документами РФ. В Республике Беларусь допустимый уровень содержания ¹³⁷Cs в сене составляет 1300 Бк/кг, сено, заготавливаемое в Гомельской области, отвечает требованиям РДУ-2003 [2]. В агробиоценозах территории ВУРС в 2005–2007 гг., по данным М.Ю. Кадочникова, концентрация ¹³⁷Cs в концентрированных кормах составляла 0,53–1,44 Бк/кг; в силосе – 0,36–0,66; в грубых кормах – 1,8–2,2 Бк/кг [3]. А.С. Кривоногова в 2012–2017 гг. установила, что в агробиоценозах на территории ВУРС в кормовой смеси концентрация ¹³⁷Cs составляла 3,25 ± 0,10 Бк/кг [4].

Таким образом, радиационная безопасность агропродукции аграрных ландшафтов центральной части РФ и сопредельных государств доста-

точно исследована. Научных работ по изучению радиационной безопасности агропродукции агробиоценозов Красноярского края опубликовано мало. В Красноярском крае внимание ученых и органов государственной власти привлекало загрязнение русла реки Енисей, на эту тему выполнено достаточно работ: оценены удельные активности основных техногенных изотопов в воде, донных отложениях и водных объектах (водорослях и разных видах рыб) на всем протяжении р. Енисей: от точки сброса Федерального государственного унитарного предприятия «Горно-химический комбинат» (ФГУП «ГХК») до Карского моря. Исследованы закономерности распределения, миграции техногенных радионуклидов в компонентах экосистемы; сформулированы модели переноса их между компонентами экосистемы р. Енисей [5–9].

Оценка радиационной безопасности агропродукции в условиях точечного техногенного загрязнения аграрных ландшафтов Красноярского края является одним из значимых вопросов региональной агроэкологии.

Цель исследования – оценить радиационную безопасность агропродукции аграрных ландшафтов с дополнительной радиационной нагрузкой.

Задачи: определить содержание ^{137}Cs в кормах и молоке коровьем в аграрных ландшафтах с установленной дополнительной техногенной нагрузкой.

Объекты и методы. Работа проведена в соответствии с нормативной документацией [10] в 2016–2018 гг. в условиях аграрных ландшафтов с дополнительным антропогенным загрязнением, расположенных в центральных районах Красноярского края. В этих аграрных ландшафтах сельскохозяйственные животные имеют более высокие величины поглощенных доз. Автором в 2021 г. рассчитаны значения годовой поглощенной дозы [11]. Исследования выполнены в аграрном ландшафте с поглощенной годовой дозой для сельскохозяйственных животных 0,92 мГр, являющейся фоновой для Красноярского края (ООО «Миндерлинское») – контрольный ландшафт, в аграрном ландшафте с. Момотово, где дозовая нагрузка на крупный рогатый скот составляла 1,33 мГр/год, и аграрном

ландшафте с. Большой Балчуг, где поглощенная доза для лактирующих коров – 1,55 мГр/год. Аграрные ландшафты с. Момотово и с. Б. Балчуг территориально принадлежат зоне наблюдения ФГУП «ГХК».

Контрольный аграрный ландшафт ООО «Миндерлинское» находится в п. Борск, в 50 км на север от г. Красноярска, в Сухобузимском районе Красноярского края. Аграрный ландшафт с. Момотово расположен на расстоянии 183 км на север от г. Красноярска на правом берегу реки Енисей. Аграрный ландшафт с. Б. Балчуг расположен на расстоянии 40 км от г. Красноярска в северо-восточном направлении. В агробиоценозах, расположенных на берегу р. Енисей, ранее автором были выявлены участки с дополнительной техногенной нагрузкой, которая сформировалась в результате деятельности ФГУП «ГХК» [12].

Удельная активность ^{137}Cs в грубых и сочных кормах, продукции животноводства определялась согласно методикам ФГУП ВНИИМ с предварительным озолением. Удельную активность определяли на гамма-спектрометрах «МКГБ-01 РАДЕК» и «Гамма-1С», дозиметре – радиометре «МКС-АТ 130» в геометрии сосуда Маринелли 250 мл, время измерения 7200 с. Исследования выполнены в лаборатории ФГБУ ГЦАС «Красноярский» и лаборатории радиационного контроля «ШАНЭКО Сибирь».

Результаты и их обсуждение. Спектрометрически установлено, что значение удельной активности ^{137}Cs в траве пастбищных угодий в аграрном ландшафте с дозой 0,92 мГр/год (контроль) находилось в диапазоне 0,91–1,68 Бк/кг, в аграрном ландшафте с дозой 1,33 мГр/год – 4,22–14,17 Бк/кг, в аграрном ландшафте с дозой 1,55 мГр/год – 1,0–7,98 Бк/кг. Удельная активность ^{137}Cs в сене разнотравном в контрольном аграрном ландшафте принадлежала диапазону значений 0,53–1,50 Бк/кг, в аграрном ландшафте с дозой 1,33 мГр/год – 1,2–2,3 Бк/кг, в аграрном ландшафте с дозой 1,55 мГр/год – 1,1–2,67 Бк/кг. Удельная активность ^{137}Cs в кормах с сенокосно-пастбищных агробиоценозов (табл. 1) ландшафта с дозой 1,33 мГр/год в 6,4 раза, в ландшафте с дозой 1,55 мГр/год в 2,7 раза выше, чем в агробиоценозах контрольного аграрного ландшафта ($P < 0,05$).

Содержание ¹³⁷Cs в кормах

Поглощенная доза, мГр/год	Количество проб	Удельная активность ¹³⁷ Cs, Бк/кг	
		Диапазон изменчивости	Среднее значение
0,92 (контроль)	30	0,5–2,6	0,97±0,09
1,33	30	1,2–14,2	6,81±2,25*
1,55	30	1,1–8,0	2,94±0,84*

*P < 0,05.

Высокие уровни радиоактивного техногенно-загрязнения кормов с сенокосно-пастбищных биогеоценозов аграрного ландшафта с дозой 1,33 мГр/год объяснялись дополнительным загрязнением почв, связанным с техногенным загрязнением поймы р. Енисей в результате деятельности ФГУП «ГХК», в аграрном ландшафте с

дозой 1,55 мГр/год – загрязнением поймы реки и газо-аэрозольными выбросами ФГУП «ГХК».

В работе оценена удельная активность ¹³⁷Cs в суточном рационе крупного рогатого скота, для расчета суммарной активности использовали потребление животным с сутки: для стойлового периода – 4–12 кг сена, для пастбищного периода – 40 кг травы (табл. 2).

Таблица 2

Содержание ¹³⁷Cs в суточном рационе коров

Поглощенная доза	Период содержания	Активность рациона, Бк/сут	
		Диапазон	Среднее значение
0,92 мГр/год (контроль)	Стойловый	6,4–18,0	12,4±2,2
	Пастбищный	36,4–67,2	48,0±9,6
1,33 мГр/год	Стойловый	14,4–27,0	21,2±3,7*
	Пастбищный	168,8–566,8	373,0±8***
1,55 мГр/год	Стойловый	13,3–32,0	22,3±4,4*
	Пастбищный	40–319,2	150,0±48,0*

* P < 0,05; *** P < 0,001 относительно данных контроля.

Удельная активность рациона коров изменяется в широких пределах, однако в контрольном аграрном ландшафте предел ограничен концентрацией ¹³⁷Cs – 67,2 Бк/кг, тогда как в аграрном ландшафте с дозой 1,33 мГр/год – 566,8 Бк/кг, в аграрном ландшафте с дозой 1,55 мГр/год – 319,2 Бк/кг. Удельные активности рациона аграрных ландшафтов с техногенной нагрузкой согласуются с данными, полученными в отдаленный период на территории сельскохозяйственных угодий, загрязненных в результате Чернобыльской катастрофы [13].

Во всех аграрных ландшафтах средние значения активности пастбищного рациона превышали результаты по стойловому периоду, причиной этого является разница в концентрации воды в грубых и сочных кормах. Установлена значительная удельная активность пастбищного

рациона: в аграрном ландшафте с дозой 1,33 мГр/год в 7,7 раза (P < 0,001), в ландшафте с дозой 1,55 мГр/год в 3,1 раза (P < 0,05) превосходило данные контрольного аграрного ландшафта. Средняя активность стойловых рационов с техногенной нагрузкой в 1,7 раза превышала значения контроля (P < 0,05).

Удельная активность ¹³⁷Cs проб кормов контрольного агроландшафта находилась в интервале 2–4 Бк/кг (рис. 1). Частотное ранжирование значений концентрации ¹³⁷Cs в кормах контрольного аграрного ландшафта имело вид гамма-распределения, характерного для большого количества природных объектов. В подавляющем большинстве – 91 % результатов по аграрному ландшафту с дозой 0,92 мГр/год соответствовали диапазону 0–2 Бк/кг, это совпадает с уровнем глобального техногенного ра-

диоактивного загрязнения Красноярского края. В агроландшафте с дозой 1,33 мГр/год концентрация ^{137}Cs в кормах находилась в интервале от 2 до 16 Бк/кг (рис. 1). Распределение показателей по этому ландшафту соответствовало нормальному закону распределения с максимумом в 4 Бк/кг. Удельная активность ^{137}Cs в кормах, выращиваемых на сенокосно-пастбищных биогеоценозах с дозой 1,55 мГр/год, находилась в интервале от 1 до 7 Бк/кг (рис. 1). Частотное распределение показателей удельной активности по этому ландшафту соответствовало нормальному закону распределения с максимумом в 2 Бк/кг. Значительный средней показатель удельной активности ^{137}Cs в кормах в аграрных ландшафтах с дозами 1,33 и 1,55 мГр/год обусловлен наличием значительного количества (33,0 и 42,8 % соответственно) результатов с высокими показателями. В частотном ранжиро-

вании результатов по ландшафтам с дополнительной техногенной нагрузкой наглядно выделяется присутствие «хвоста», обусловленного наличием проб с удельной активностью ^{137}Cs до 16 Бк/кг в агроландшафте с дозой 1,33 мГр/год и до 8 Бк/кг в агроландшафте с дозой 1,55 мГр/год. Основанием этого являются локальные газо-аэрозольные выпадения и загрязнение поймы реки Енисей в результате предыдущей работы ФГУП «ГХК». Исходя из этого, анализ эмпирических данных позволяет заключить, что аграрные ландшафты с дозами 1,33 и 1,55 мГр/год испытывают дополнительное техногенное радиоактивное загрязнение.

В работе исследована радиационная безопасность молока коровьего, которое относится к основным дозобразующим пищевым продуктам (табл. 3).

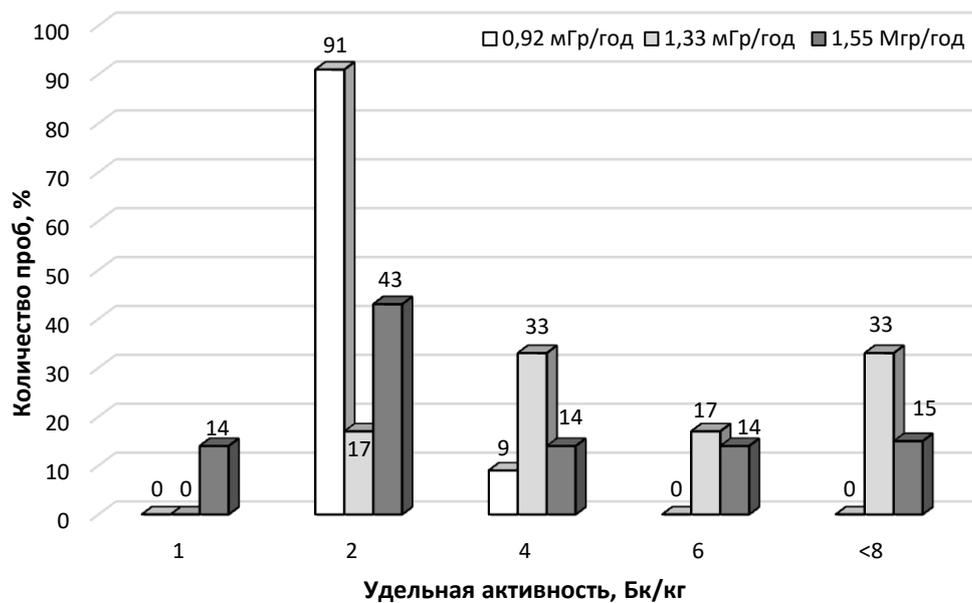


Рис. 1. Удельная активность ^{137}Cs в кормах аграрных ландшафтов

Таблица 3

Содержание ^{137}Cs в молоке коровьем

Поглощенная доза	Количество проб	Диапазон изменчивости, Бк/кг	Среднее значение, Бк/кг
0,92 мГр/год (контроль)	15	0,14–0,17	0,16±0,004
1,33 мГр/год	15	0,58–2,41	1,33±0,19***
1,55 мГр/год	15	0,52–2,00	1,07±0,20***

***P < 0,001.

Из данных таблицы 3 следует, что дополнительная антропогенная радиоактивная контаминация кормов агроландшафтов с техногенной нагрузкой формирует радиоактивную антропогенную нагрузку на продукцию животноводства. Удельная активность ^{137}Cs в молоке коровьем в ландшафте с дозой 1,33 мГр/год в 8,3 раза, с дозой 1,55 мГр/год в 6,7 раза выше относительно значений контрольного ландшафта ($P < 0,001$). Однако удельная активность ^{137}Cs в молоке, производимом в ферменных биогеоценозах с

техногенной нагрузкой, значительно ниже гигиенического норматива – 100 Бк/кг. Согласно требованиям нормативных документов [14, 15], можно заключить, что во всех аграрных ландшафтах Красноярского края производится радиационно безопасная молочная продукция.

Распределение результатов удельной активности ^{137}Cs в молоке коровьем в контрольном аграрном ландшафте имело вид гамма-распределения, характерного для множества природных объектов (рис. 2).

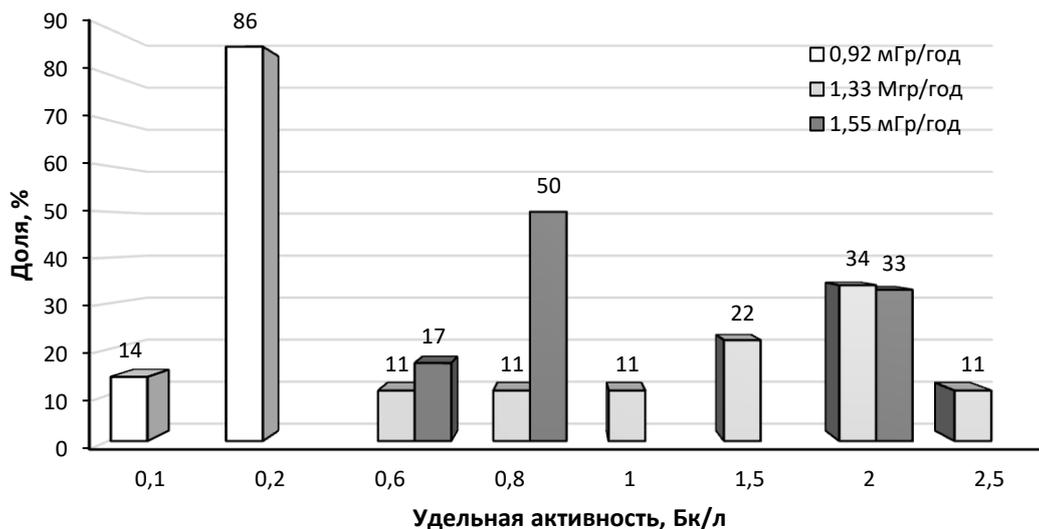


Рис. 2. Распределение удельной активности ^{137}Cs в молоке коровьем

Распределение результатов концентрации ^{137}Cs в молоке коровьем в аграрных ландшафтах с техногенной нагрузкой соответствовало нормальному закону распределения с максимум 0,8 Бк/кг – для аграрного ландшафта с дозой 1,33 мГр/год, 2 Бк/кг – для аграрного ландшафта с дозой 1,55 мГр/год. Аппроксимация распределений результатов удельной активности ^{137}Cs в молоке в аграрных ландшафтах с техногенной нагрузкой наглядно подтверждает наличие дополнительного техногенного загрязнения аграрных ландшафтов в результате деятельности ФГУП «ГХК».

Заключение. На основании полученных данных можно сделать вывод, что в центральных районах Красноярского края имеются аграрные ландшафты с дополнительным антропогенным загрязнением. В работе установлено наличие дополнительного техногенного загрязнения ^{137}Cs компонентов аграрных ландшафтов в результате деятельности ФГУП «ГХК». В агроландшафтах с

дополнительной техногенной нагрузкой удельная активность ^{137}Cs в кормах превышает средние значения по Красноярскому краю. В этих ландшафтах установлена значительная удельная активность пастбищного и стойлового рациона. Однако удельная активность кормов, заготавливаемых в агробиоценозах с дополнительным техногенным загрязнением, много ниже контрольных уровней, определенных инструкцией о радиологическом контроле качества кормов, утвержденной 01.12.1994. В ферменных биогеоценозах с дополнительной техногенной нагрузкой концентрация ^{137}Cs в молоке коровьем выше фоновых значений Красноярского края. В то же время удельная активность ^{137}Cs в молоке, биогеоценозов с дополнительным техногенным загрязнением значительно ниже гигиенического норматива, установленного СанПиН 2.3.2.1078-01. В результате можно резюмировать, что в аграрных ландшафтах Красноярского края производится радиационно безопасная агропродукция.

Список источников

1. Акмуллина Н.В. Радиоэкологический мониторинг объектов ветеринарного надзора // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. 2014. Т. 220. Вып. № 4. С. 14–16.
2. Аккумуляция ^{137}Cs растениями луговых экосистем приграничных территорий Брянской, Гомельской и Черниговской областей / А.Д. Булохов [и др.] // Научный диалог. 2014. № 1. С. 5–13.
3. Кадочников М.Ю. Эколого-биологические особенности крупного рогатого скота в районах интенсивного техногенного загрязнения окружающей среды: автореф. дис. ... канд. ветеринар. наук. Екатеринбург, 2007. 23 с.
4. Кривоногова А.С. Теоретическое обоснование и разработка системы получения качественной продукции молочного животноводства в регионе с комбинированным техногенным загрязнением: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. М., 2017. 44 с.
5. Особенности формирования доз в населенных пунктах, расположенных на берегах Енисея в зоне наблюдения Горнохимического комбината / А.И. Григорьев [и др.] // Радиоэкология XXI века: мат-лы Междунар. науч.-практ. конф. (Красноярск, 14–16 мая 2012 г.). Красноярск: СФУ, 2012. С. 235–246.
6. Сравнительная оценка содержания переходных металлов (Cu, Zn, Mn, Pb, Cd) и радиоцезия (^{137}Cs) в щуке (*Esox lucius*) и налиме (*Lota lota*) р. Енисей / Т.А. Зотина [и др.] // Сибирский экологический журнал. 2022. Т. 29, № 1. С. 111–121. DOI: 10.15372/SEJ20220110.
7. Атлас современной радиационной обстановки на территории Красноярского края / М-во экологии и рационального природопользования Красноярского края. Красноярск, 2019. 84 с.
8. Ракитский В.Н., Бондарева Л.Г., Федорова Н.Е. Расчет дозы облучения для некоторых компонентов пищевой цепочки пресноводной экосистемы реки Енисей в период деятельности предприятия ядерно-топливного цикла – Горно-химического комбината, г. Красноярск // Радиационная гигиена. 2018. Т. 11, № 3. С. 22–29. DOI: 10.21514/1998-426X-2018-11-3-22-29.
9. Закономерности распределения радионуклидов в долине реки Енисей / Ф.В. Сухоруков [и др.]. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2004. 286 с.
10. МУ 13.5.13-00. Организация государственного радиоэкологического мониторинга агроэкосистем в зоне воздействия радиационно-опасных объектов. М.: ВНИИС-ХРАЭ, 2000. 28 с.
11. Федотова А.С. Особенности расчета поглощенных доз облучения для крупного рогатого скота в условиях Красноярского края // Аграрный вестник Урала. 2021. № 12 (215). С. 77–86. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-215-12-77-86.
12. Федотова А.С. Техногенное радиоактивное загрязнение сенокосных биогеоценозов аграрных ландшафтов лесостепной зоны Красноярского края // Вестник КрасГАУ. 2009. № 5. С. 75–81.
13. Ильязов Р.Г. Чернобыльская катастрофа: последствия и контрмеры в агроэкоосфере. М.: КУРС, 2024. 272 с.
14. СанПиН 2.3.2.1078-01. Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов (с изм. на 06.07.2011). М.: РИТ ЭКСПРЕСС, 2001. 269 с.
15. СанПиН 2.6.1.2523-09. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009): гигиенические нормативы. М., 2009. 70 с.

References

1. Akmullina N.V. Radio`ekologicheskij monitoring ob`ektov veterinarnogo nadzora // Uchenye zapiski Kazanskoj gosudarstvennoj akademii veterinarnoj mediciny im. N.`E. Bauman. 2014. T. 220. Vyp. № 4. S. 14–16.
2. Akkumulyaciya ^{137}Cs rasteniyami lugovyh `ekosistem prigranichnyh territorij Bryanskoj, Gomeľ'skoj i Chernigovskoj oblasti / A.D. Bulohov [i dr.] // Nauchnyj dialog. 2014. № 1. S. 5–13.
3. Kadochnikov M.Yu. `Ekologo-biologicheskie osobennosti krupnogo rogatogo skota v rajonah intensivnogo tehnogenного zagryazneniya

- okruzhayuschej sredy: avtoref. dis. ... kand. veterinar. nauk. Ekaterinburg, 2007. 23 s.
4. *Krivosogova A.S.* Teoreticheskoe obosnovanie i razrabotka sistemy polucheniya kachestvennoj produkcii molochного zhivotnovodstva v regione s kombinirovannym tehnogenym zagryazneniem: avtoref. dis. ... d-ra biol. nauk. M., 2017. 44 s.
 5. Osobennosti formirovaniya doz v naselennykh punktakh, raspolozhennykh na beregah Eniseya v zone nablyudeniya Gorno-himicheskogo kombinata / *A.I. Grigor'ev* [i dr.] // Radio`ekologiya XXI veka: mat-ly Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. (Krasnoyarsk, 14–16 maya 2012 g.). Krasnoyarsk: SFU, 2012. S. 235–246.
 6. Sravnitel'naya ocenka sodержaniya perehodnykh metallov (Cu, Zn, Mn, Pb, Cd) i radioceziya (^{137}Cs) v schuke (*Esox lucius*) i nalime (*Lota lota*) r. Enisej / *T.A. Zotina* [i dr.] // Sibirskij `ekologicheskij zhurnal. 2022. T. 29, № 1. S. 111–121. DOI: 10.15372/ SEJ20220110.
 7. Atlas sovremennoj radiacionnoj obstanovki na territorii Krasnoyarskogo kraja / M-vo `ekologii i racional'nogo prirodopol'zovaniya Krasnoyarskogo kraja. Krasnoyarsk, 2019. 84 s.
 8. *Rakitskij V.N., Bondareva L.G., Fedorova N.E.* Raschet dozy oblucheniya dlya nekotorykh komponentov pischevoj cepochki presnovodnoj `ekosistemy reki Enisej v period deyatelnosti predpriyatiya yaderno-toplivnogo cikla – Gorno-himicheskogo kombinata, g. Krasnoyarsk // Radiacionnaya gigiena. 2018. T. 11, № 3. S. 22–29. DOI: 10.21514/1998-426H-2018-11-3-22-29.
 9. Zakonomernosti raspredeleniya radionuklidov v doline reki Enisej / *F.V. Suhorukov* [i dr.]. Novosibirsk: Izd-vo SO RAN, 2004. 286 s.
 10. MU 13.5.13-00. Organizatsiya gosudarstvennogo radio`ekologicheskogo monitoringa agro`ekosistem v zone vozdejstviya radiacionno-opasnykh ob`ektov. M.: VNIISHRA`E, 2000. 28 s.
 11. *Fedotova A.S.* Osobennosti rascheta pogloshchennykh doz oblucheniya dlya krupnogo rogatogo skota v usloviyah Krasnoyarskogo kraja // Agrarnyj vestnik Urala. 2021. № 12 (215). S. 77–86. DOI: 10.32417/1997-4868-2021-215-12-77-86.
 12. *Fedotova A.S.* Tehnogennoe radioaktivnoe zagryaznenie senokosnykh biogeocenovov agrarnykh landshaftov lesostepnoj zony Krasnoyarskogo kraja // Vestnik KrasGAU. 2009. № 5. S. 75–81.
 13. *Il'yazov R.G.* Chernobyl'skaya katastrofa: posledstviya i kontrmery v agro`ekosfere. M.: KURS, 2024. 272 s.
 14. SanPiN 2.3.2.1078-01. Gigienicheskie trebovaniya bezopasnosti i pischevoj cennosti pischevykh produktov (s izm. na 06.07.2011). M.: RIT `EKSPRESS, 2001. 269 s.
 15. SanPiN 2.6.1.2523-09. Normy radiacionnoj bezopasnosti (NRB-99/2009): gigienicheskie normativy. M., 2009. 70 s.

Статья принята к публикации 04.09.2023 / The article accepted for publication 04.09.2023.

Информация об авторах:

Арина Сергеевна Федотова, доцент кафедры внутренних незаразных болезней, акушерства и физиологии сельскохозяйственных животных, кандидат биологических наук, доцент

Information about the authors:

Arina Sergeevna Fedotova¹, Associate Professor at the Department of Internal Non-Contagious Diseases, Obstetrics and Physiology of Farm Animals, Candidate of Biological Sciences, Docent