

УДК 619:616-001.28/.29

DOI 10.30914/2411-9687-2023-9-3-304-310

**РАДИОМЕТРИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПРОДУКЦИИ АПК В ОТДЕЛЬНЫХ  
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ КАЛУЖСКОЙ ОБЛАСТИ****И. Р. Юнусов, К. Т. Ишмухаметов, Г. И. Рахматуллина***Федеральный центр токсикологической, радиационной и биологической безопасности,  
г. Казань, Российская Федерация*

**Аннотация. Введение.** По результатам оценки имеющихся литературных данных и собственным исследованиям радиационной ситуации в Калужской области в послеаварийный период были отобраны реперные точки для проведения радиационно-гигиенической экспертизы объектов ветнадзора. **Материалы и методы.** Были выбраны два сельскохозяйственных предприятия, одно из которых находится в зоне следа аварийного выброса ЧАЭС и второе – в зоне возможного влияния двух предприятий первой категории потенциальной радиационной опасности. В отобранных сельскохозяйственных предприятиях была изучена мощность AMBIENTного эквивалента дозы гамма-излучения и отобраны отдельные образцы растениеводческой продукции и почвы для радиометрических исследований. **Результаты исследований.** Установлено, что мощность AMBIENTного эквивалента дозы внешнего гамма-излучения в Боровском районе составляет 0,09–0,11 мкЗв/ч, в Жиздринском – 0,09–0,12 мкЗв/ч. Среднее содержание цезия-137 в образцах почвы из Боровского района –  $24,4 \pm 1,09$  Бк/кг, Жиздринского –  $54,7 \pm 4,21$  Бк/кг. Из изученных образцов грубых кормов из Жиздринского района наибольшее содержание радионуклидов зарегистрировано в сене люцерновом – цезий-137 – 4,2 Бк/кг и стронций-90 – 2,9 Бк/кг, в среднем по образцам соответственно, 3,4 и 2,6 Бк/кг при КУ-94 для грубых и сочных кормов 600 Бк/кг ( $^{137}\text{Cs}$ ) и 100 Бк/кг ( $^{90}\text{Sr}$ ). Удельная активность сочных кормов была в среднем в 1,5 раза выше, чем грубых кормов, и составляла по цезию-137 – 6,0 Бк/кг и стронцию-90 – 3,5 Бк/кг. Содержание цезия и стронция в концентратах составляло 2,5 и 1,5 Бк/кг при КУ-94 для концентратов 600 Бк/кг ( $^{137}\text{Cs}$ ) и 65 Бк/кг ( $^{90}\text{Sr}$ ). Среднее содержание радионуклидов в грубых кормах из Боровского района составляло 2,3 Бк/кг – радиоцезий и 1,3 Бк/кг – стронций-90, в сочных, соответственно, 3,0 и 1,6 Бк/кг, концентратах 1,5 и 1,2 Бк/кг. **Заключение.** Все образцы соответствовали установленным нормам, поэтому могут быть использованы без ограничения.

**Ключевые слова:** радиационно-гигиеническая экспертиза, объекты ветнадзора, цезий-137, стронций-90

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Для цитирования:** Юнусов И. Р., Ишмухаметов К. Т., Рахматуллина Г. И. Радиометрическая оценка продукции АПК в отдельных сельскохозяйственных предприятиях Калужской области // Вестник Марийского государственного университета. Серия «Сельскохозяйственные науки. Экономические науки». 2023. Т. 9. № 3. С. 304–310. DOI: <https://doi.org/10.30914/2411-9687-2023-9-3-304-310>

**RADIOMETRIC ASSESSMENT OF AGRICULTURAL PRODUCTS IN SELECTED AGRICULTURAL  
ENTERPRISES OF THE KALUGA REGION****I. R. Yunusov, K. T. Ishmukhametov, G. I. Rakhmatullina***Federal Center for Toxicological, Radiation, and Biological Safety, Kazan, Russian Federation*

**Abstract. Introduction.** Based on the results of an assessment of the available literature data and our own research on the radiation situation in the Kaluga region in the post-accident period, reference points were selected for conducting a radiation-hygienic examination of veterinary surveillance facilities. **Materials and methods.** Two agricultural enterprises were selected, one of which is located in the zone of the Chernobyl emergency release and the second in the zone of possible influence of two enterprises of the first category of potential radiation hazard. In selected agricultural enterprises, the ambient dose equivalent rate of gamma radiation was studied and individual samples of crop products and soil were selected for radiometric studies. **Research results.** It has been established that the ambient dose equivalent rate of external gamma radiation in the Borovskoy district is 0.09–0.11  $\mu\text{Sv/h}$ , in the Zhizdrinsky district – 0.09–0.12  $\mu\text{Sv/h}$ . The average content of cesium-137 in soil samples from the Borovskoy district is  $24.4 \pm 1.09$  Bq/kg, from the Zhizdrinsky district –  $54.7 \pm 4.21$  Bq/kg. Of the studied samples of roughage from the Zhizdrinsky region, the highest content of radionuclides was recorded in alfalfa hay – cesium-137 – 4.2 Bq/kg and strontium-90 – 2.9 Bq/kg, on average

for samples 3.4 Bq/kg and 2.6 Bq/kg, respectively, at KU-94 for roughage and succulent feed 600 Bq/kg ( $^{137}\text{Cs}$ ) and 100 Bq/kg ( $^{90}\text{Sr}$ ). The specific activity of succulent feed was on average 1.5 times higher than that of roughage and was 6.0 Bq/kg for cesium-137 and 3.5 Bq/kg for strontium-90. The content of cesium and strontium in the concentrates was 2.5 and 1.5 Bq/kg at KU-94 for concentrates of 600 Bq/kg ( $^{137}\text{Cs}$ ) and 65 Bq/kg ( $^{90}\text{Sr}$ ). The average content of radionuclides in roughage from the Borovskoy region was 2.3 Bq/kg – radiocesium and 1.3 Bq/kg – strontium-90, in succulent feed, 3.0 and 1.6 Bq/kg, respectively, in concentrates – 1.5 and 1.2 Bq/kg. **Conclusion.** All samples complied with established standards and therefore could be used without restrictions.

**Keywords:** radiation-hygienic examination, veterinary surveillance facilities, cesium-137, strontium-90

The authors declare no conflict of interest.

**For citation:** Yunusov I. R., Ishmukhametov K. T., Rakhmatullina G. I. Radiometric assessment of agricultural products in selected agricultural enterprises of the Kaluga region. *Vestnik of the Mari State University. Chapter "Agriculture. Economics"*, 2023, vol. 9, no. 3, pp. 304–310. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30914/2411-9687-2023-9-3-304-310>

## Введение

Атмосферные испытания ядерного оружия в середине XX века привели к глобальному загрязнению техногенными радионуклидами (преимущественно  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$ ) окружающей среды. В результате несовершенства используемых технологий на предприятиях ядерно-топливного цикла (ЯТЦ) бывшего СССР были загрязнены пойменные ландшафты рек Теча, Томь, Енисей. Авария на ЧАЭС, произошедшая 26 апреля 1986 г., по масштабам радиоактивного загрязнения окружающей среды превзошла все предыдущие радиационные инциденты [1]. Биологические компоненты экосистем вследствие этой аварии подверглись воздействию ионизирующего излучения, что привело в ряде случаев к проявлению биологических эффектов [2]. Понимание того, что радиоактивность в окружающей среде – это серьезная экологическая проблема, заставило пересмотреть взгляды на использование искусственных радионуклидов в отраслях народного хозяйства и нормировать поступление изотопов в организм человека [3].

В Российской Федерации радиоактивному загрязнению вследствие аварии на ЧАЭС подверглось 18 регионов. В Калужской области в 10 районах были зарегистрированы загрязнения почвы цезием-137 выше 1 Ки/км<sup>2</sup> – 159 тыс. га, выше 5 Ки/км<sup>2</sup> – 31 тыс. га. Общая площадь загрязнений составила 16 % от всей территории Калужской области. Наиболее сильно, до 15 Ки/км<sup>2</sup>, были загрязнены Жиздринский, Ульяновский и Хвостовичский, в меньшей степени, до 5 Ки/км<sup>2</sup>, – Куйбышевский, Людиновский, Кировский, Козельский Мещовский, Перемышльский, Бабынинский районы. В соответствии с постановлением Правитель-

ства РФ № 1074 от 8.10.2015 г. к зонам радиоактивного загрязнения в Калужской области были отнесены 300 населенных пункта в 9 районах.

Согласно данным НПО «Тайфун» в 2023 г. в Ульяновском районе зарегистрировано 100 н. п. с пятнами загрязнения цезием-137 выше 1 Ки/км<sup>2</sup>: с. Ульяново – 13,7 Ки/км<sup>2</sup>; с. Веснины – 11,7 Ки/км<sup>2</sup>; д. Мартынки – 10,2 Ки/км<sup>2</sup>; д. Кудияр – 9,5 Ки/км<sup>2</sup>; с. Афанасово – 8,4 Ки/км<sup>2</sup>; д. Фёдоровка – 8,2 Ки/км<sup>2</sup>; д. Ржевка – 8,0 Ки/км<sup>2</sup>; д. Петуховка – 8,0 Ки/км<sup>2</sup>; д. Красногорье – 8,0 Ки/км<sup>2</sup>; д. Мелихово – 8,0 Ки/км<sup>2</sup>; д. Минин – 7,6 Ки/км<sup>2</sup>; д. Грабково – 7,4 Ки/км<sup>2</sup>; д. Косовка – 7,4 Ки/км<sup>2</sup>; д. Горицы – 7,3 Ки/км<sup>2</sup>; д. Александровка – 7,2 Ки/км<sup>2</sup>; д. Городничев – 6,5 Ки/км<sup>2</sup>; с. Кцынь – 6,5 Ки/км<sup>2</sup>; с. Дудоровский – 6,3 Ки/км<sup>2</sup>; д. Песоченка – 5,9 Ки/км<sup>2</sup>; с. Волосово-Дудино – 5,9 Ки/км<sup>2</sup>; с. Заречное – 5,7 Ки/км<sup>2</sup>; д. Нагая – 5,5 Ки/км<sup>2</sup>; с. Крапива – 5,2 Ки/км<sup>2</sup>; в Жиздринском районе – 71 н. п.: д. Песочная – 9,4 Ки/км<sup>2</sup>; д. Высокий Холм – 7,4 Ки/км<sup>2</sup>; д. Авдеевка – 7,1 Ки/км<sup>2</sup>; пос. Комиссаровский – 6,1 Ки/км<sup>2</sup>; ж/д. ст. Судимир – 5,9 Ки/км<sup>2</sup>; д. Яровицина – 5,9 Ки/км<sup>2</sup>; с. Щигры – 5,4 Ки/км<sup>2</sup>; д. Корнево – 5,3 Ки/км<sup>2</sup>; д. Горки – 5,1 Ки/км<sup>2</sup>; в Хвостовичском – 39 н. п.: д. Рессета – 10,0 Ки/км<sup>2</sup>; с. Ловатянка – 9,7 Ки/км<sup>2</sup>; п. Красненский – 8,8 Ки/км<sup>2</sup>; д. Павловка – 7,4 Ки/км<sup>2</sup>; с. Береска – 7,1 Ки/км<sup>2</sup>; д. Высокое – 6,9 Ки/км<sup>2</sup>; с. Колодессы – 6,1 Ки/км<sup>2</sup>; п. Еленский – 6,0 Ки/км<sup>2</sup>; с. Воткино – 5,4 Ки/км<sup>2</sup><sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Данные по радиоактивному загрязнению территории населённых пунктов Российской Федерации цезием – 137, стронцием – 90 и плутонием – 239+240 // Подготовил В. Н. Яхрюшин. Обнинск: Тайфун, 2022. С. 55–64. URL: <https://kurl.ru/XDtrqj> (дата обращения: 24.07.2023)

На территории области (г. Обнинск) находятся 2 объекта 1-й категории потенциальной радиационной опасности, которые оказывают влияние на окружающую среду, – физико-энергетический институт (ФГУП «ГНЦ РФ-ФЭИ им. А. И. Лейпунского») и физико-химический институт (филиал ФГУП «НИФХИ им. Л. Я. Карпова»). Выбросы АО «ГНЦ РФ-ФЭИ» в 2021 году составляли за год:  $^{41}\text{Ar}$  –  $1,7 \cdot 10^{10}$  Бк (допустимый выброс –  $1,81 \cdot 10^{12}$  Бк),  $^{88}\text{Kr}$  –  $1,3 \cdot 10^8$  Бк ( $2,55 \cdot 10^{12}$  Бк),  $^{57}\text{Co}$  –  $3,8 \cdot 10^5$  Бк ( $1,51 \cdot 10^{10}$  Бк),  $^{90}\text{Sr}$  –  $5,3 \cdot 10^5$  Бк ( $1,69 \cdot 10^8$  Бк),  $^{137}\text{Cs}$  –  $1,1 \cdot 10^7$  Бк ( $1,17 \cdot 10^{10}$  Бк); АО «НИФХИ им. Л. Я. Карпова»:  $^{131}\text{I}$  –  $1,3 \cdot 10^{12}$  Бк ( $1,5 \cdot 10^{12}$  Бк),  $^{132}\text{I}$  –  $8,0 \cdot 10^{10}$  Бк ( $1,5 \cdot 10^{12}$  Бк),  $^{133}\text{I}$  –  $5,9 \cdot 10^{10}$  Бк ( $4,6 \cdot 10^{11}$  Бк),  $^{135}\text{I}$  –  $3,1 \cdot 10^8$  Бк ( $4,3 \cdot 10^{11}$  Бк),  $^{41}\text{Ar}$  –  $1,1 \cdot 10^{14}$  Бк ( $3,0 \cdot 10^{14}$  Бк),  $^{85\text{m}}\text{Kr}$  –  $1,6 \cdot 10^{13}$  Бк ( $1,0 \cdot 10^{14}$  Бк),  $^{133}\text{Xe}$  –  $1,0 \cdot 10^{14}$  Бк ( $7,5 \cdot 10^{14}$  Бк),  $^{135}\text{Xe}$  –  $1,5 \cdot 10^{14}$  Бк ( $8,1 \cdot 10^{14}$  Бк),  $^{135\text{m}}\text{Xe}$  –  $1,9 \cdot 10^{13}$  Бк ( $3,0 \cdot 10^{14}$  Бк), что входит в допустимые нормативы<sup>1</sup>.

Плотность загрязнения почвы цезием-137 по области составляет в среднем  $25,5 \text{ кБк/м}^2$ , максимальное загрязнение –  $530,9 \text{ кБк/м}^2$ .

Целью настоящих исследований является радиационно-гигиенический мониторинг и экспер-

тиза объектов ветеринарного надзора в Калужской области.

Учитывая факт загрязнения Калужской области техногенными радионуклидами вследствие аварии на ЧАЭС и радиационную напряженность территории вследствие функционирования ФГУП «ГНЦ РФ-ФЭИ им. А. И. Лейпунского» и филиала ФГУП «НИФХИ им. Л. Я. Карпова», проведение мониторинговых исследований и радиационно-гигиеническая экспертиза объектов ветнадзора являются необходимыми атрибутами нормирования инкорпорации радиоизотопов в организм человека [4–11].

В связи с вышесказанным в двух сельскохозяйственных предприятиях Калужской области проведены мониторинговые исследования и отобраны образцы растениеводческой продукции для проведения радиометрических исследований.

#### Материал и методы

На основе оценки радиационной обстановки в Калужской области отобраны реперные точки для проведения радиационно-гигиенической экспертизы объектов ветнадзора (рис. 1).

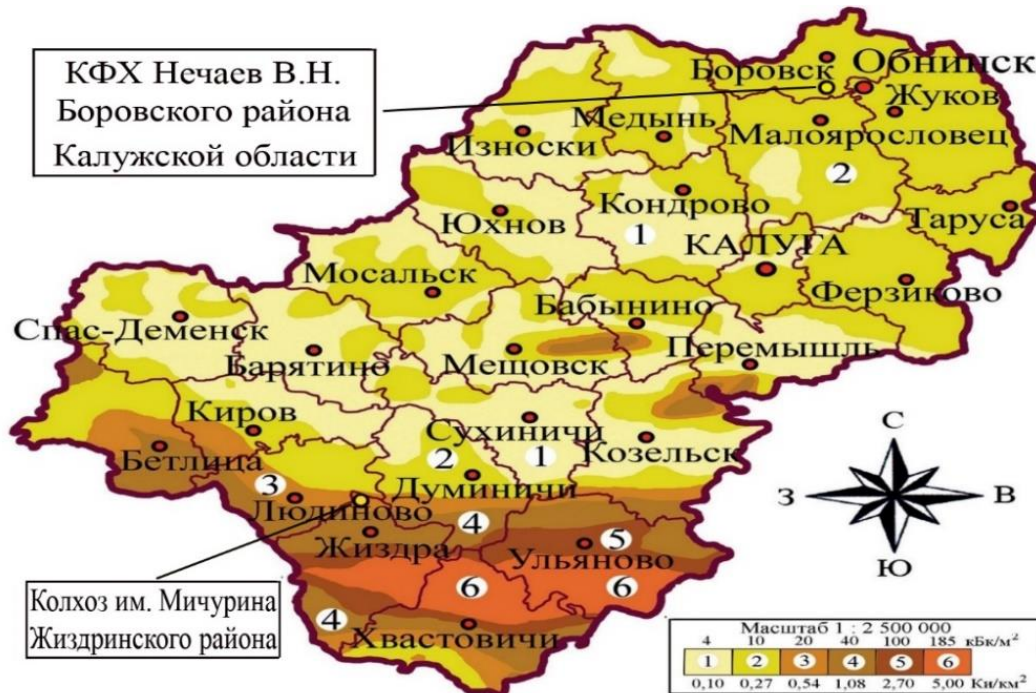


Рис. 1. Отбор реперных точек для проведения радиационно-гигиенической экспертизы объектов ветнадзора /  
Fig. 1. Selection of reference points for conducting radiation-hygienic examination of veterinary surveillance facilities

<sup>1</sup> Радиационная обстановка на территории России и сопредельных государств в 2021 году / В. М. Шершаков, В. Г. Булгаков, И. И. Крышев, С. М. Вакуловский, М. Н. Какова, А. И. Крышев // Ежегодник. Обнинск, 2023. 339 с. URL: <https://kurl.ru/kYVxR> (дата обращения 24.07.2023)

В двух сельскохозяйственных предприятиях, одно из которых находится в зоне следа Чернобыльской АЭС, и другое – потенциального влияния двух объектов первой категории потенциальной радиационной опасности – ФГУП «ГНЦ РФ-ФЭИ им. А. И. Лейпунского» и филиала ФГУП «НИФХИ им. Л. Я. Карпова», были проведены исследования и отобраны образцы растениеводческой продукции для радиометрических исследований. Определение мощности амбиентного эквивалента дозы внешнего гамма-излучения в реперных точках было проведено непосредственно в местах расположения животноводческих предприятий с использованием дозиметра-радиометра гамма-излучения ДКГ-02У «Арбитр».

В сельскохозяйственных предприятиях были отобраны грубые корма (сено, солома), сочные (сено, сенаж), концентраты (зерно, комбикорм) и образцы почвы. Радиометрическую экспертизу образцов сельскохозяйственной продукции осуществляли в условиях Испытательного центра ФГБНУ «ФЦТРБ-ВНИВИ» с использованием спектрометрического комплекса «Радек». Для определения удельной активности образцов была использована «Методика измерений удельной активности цезия-137 и стронция-90 в пробах пищевых продуктов растительного и животного происхождения

с помощью гамма-, бета- и альфа-излучения МКГБ-01 РАДЭК».

### Результаты исследований

Было установлено, что мощность амбиентного эквивалента дозы внешнего гамма-излучения в Боровском районе составляет 0,09–0,11 мкЗв/ч, в Жиздринском – 0,09–0,12 мкЗв/ч. Среднее содержание цезия-137 в образцах почвы из Боровского района –  $24,4 \pm 1,09$  Бк/кг, Жиздринского –  $54,7 \pm 4,21$  Бк/кг.

Грубые корма, доставленные в отделение радиобиологии ФГБНУ «ФЦТРБ-ВНИВИ» из колхоза имени Мичурина Жиздринского района Калужской области, представлены сеном разнотравным, соломой пшеничной и соломой овсяной (рис. 2). Наибольшее содержание цезия-137 и стронция-90 зарегистрировано в сене люцерновом – 4,2 Бк/кг ( $^{137}\text{Cs}$ ) / 2,9 Бк/кг ( $^{90}\text{Sr}$ ). В целом содержание радионуклидов в разных образцах грубых кормов из Жиздринского района составляет соизмеримые величины, в среднем содержание цезия-137 в грубых кормах составляет 3,4 Бк/кг, стронция-90 – 2,6 Бк/кг, при КУ-94 для грубых кормов:  $^{137}\text{Cs}$  – 600 Бк/кг и  $^{90}\text{Sr}$  – 100 Бк/кг. Удельная активность в сочных кормах (силос, сенаж) выше, чем в грубых, по цезию-137 в 1,76 раза, составляет 6,0 Бк/кг, по стронцию-90 – в 1,34 раза, составляет 3,5 Бк/кг при КУ-94 для сочных кормов:  $^{137}\text{Cs}$  – 600 Бк/кг и  $^{90}\text{Sr}$  – 100 Бк/кг.

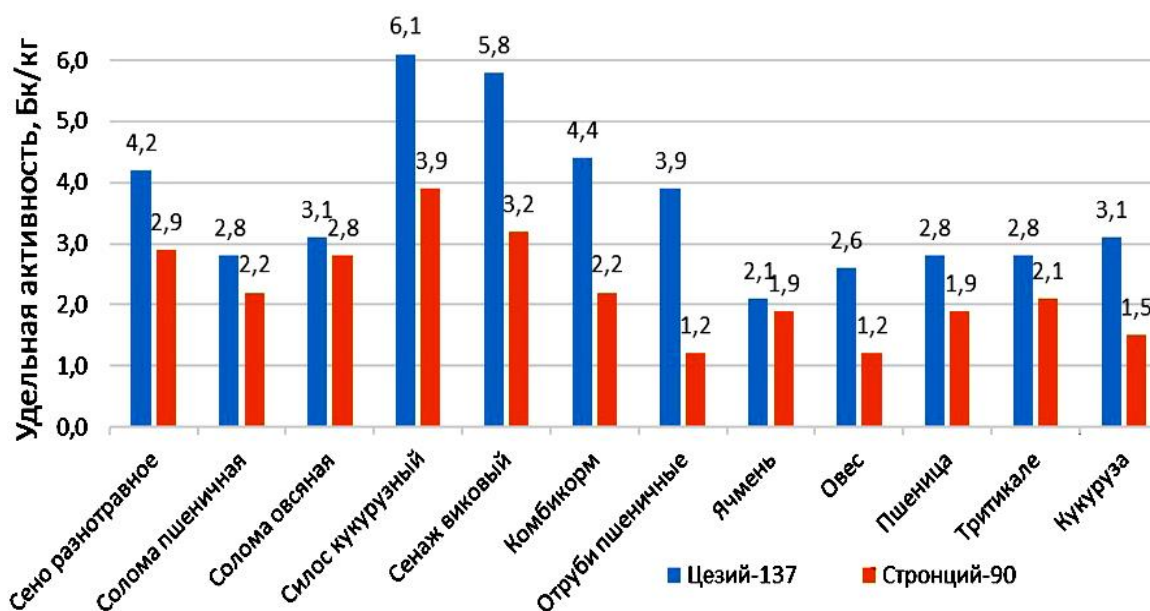


Рис. 2. Результаты радиометрии образцов растениеводческой продукции из колхоза им. Мичурина Жиздринского района Калужской области / Fig. 2. Results of radiometry of crop production samples from the collective farm named after Michurin, Zhizdrinsky district, Kaluga region



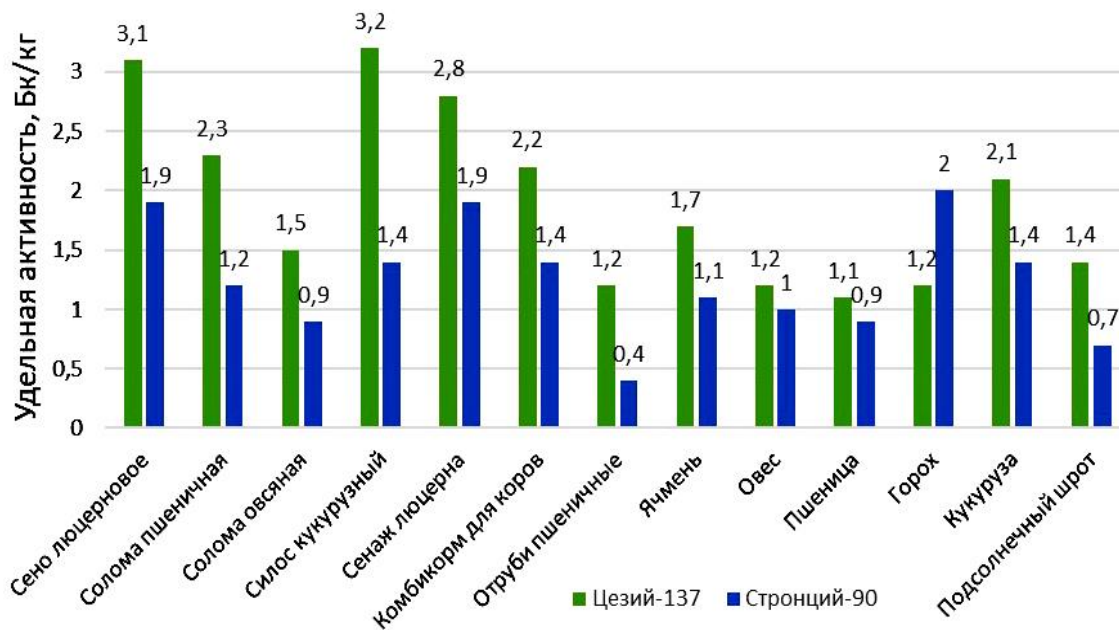


Рис. 3. Результаты радиометрии образцов растениеводческой продукции из КФХ Нечаев В. Н. Боровского района Калужской области / Fig. 3. Results of radiometry of crop production samples from the peasant farm of Nechaev V. N., Borovskoy district, Kaluga region

Содержание радионуклидов в обоих образцах сочных кормов составляет соизмеримые величины. Концентраты представлены зерновыми культурами: пшеницей, овсом, ячменем, тритикале, кукурузой, одним образцом комбикорма для группы дойных коров и отрубями пшеничными. В среднем содержание радиоцезия в концентратах составляет 2,5 Бк/кг, стронция-90 – 1,5 Бк/кг при КУ-94 для концентратов:  $^{137}\text{Cs}$  – 600 Бк/кг и  $^{90}\text{Sr}$  – 65 Бк/кг. Из КФХ В. Н. Нечаева Боровского района Калужской области доставлено 13 образцов растениеводческой продукции местного производства, в т. ч. 3 образца грубых кормов. Наибольшее содержание радиоизотопов зарегистрировано в сене люцерновом: 3,1 Бк/кг – цезий-137 и 1,9 Бк/кг – стронций-90; наименьшее – в соломе овсяной: 1,5 Бк/кг – цезий-137 и 0,9 Бк/кг – стронций-90 при КУ-94 для грубых кормов:  $^{137}\text{Cs}$  – 600 Бк/кг и  $^{90}\text{Sr}$  – 100 Бк/кг. (рис. 3).

Удельная активность сочных кормов (силос, сенаж) была несколько выше, чем образцов грубых кормов: цезий-137 – 3,0 Бк/кг и стронций-90 – 1,6 Бк/кг при КУ-94:  $^{137}\text{Cs}$  – 600 Бк/кг и  $^{90}\text{Sr}$  – 100 Бк/кг. Средняя содержание цезия-137 в концен-

тратах составляло 1,5 Бк/кг стронция-90 – 1,2 Бк/кг при КУ-94 по концентратам:  $^{137}\text{Cs}$  – 600 Бк/кг и  $^{90}\text{Sr}$  – 65 Бк/кг.

### Заключение

Установлено, что Калужская область входит в перечень регионов, подвергшихся воздействию радиации вследствие аварии на Чернобыльской АЭС. В 2023 году сохраняются локальные пятна загрязнения территорий цезием-137 выше 1 Ки/км<sup>2</sup>. На территории области функционирует 2 объекта 1 категории потенциальной радиационной опасности – ФГУП «ГНЦ РФ-ФЭИ им. А. И. Лейпунского» и филиал ФГУП «НИФХИ им. Л. Я. Карпова». Мощность амбиентного эквивалента дозы внешнего гамма-излучения в Боровском и Жиздринском районах варьирует от 0,09 до 0,12 мкЗв/ч. Загрязнение почвы цезием-137 составляет 24,4±1,09 Бк/кг (Боровск) и 54,7±4,21 Бк/кг (Жиздра). Содержание цезия-137 и стронция-90 в образцах растениеводческой продукции в контрольных хозяйствах не превышает контрольные уровни, поэтому эта продукция может быть использована по назначению без ограничения.

1. Линник В. Г. Ландшафтная дифференциация техногенных радионуклидов / Москва : РАН, 2018. 372 с. URL: [http://www.geokhi.ru/library/Lists/Announcements/Attachments/356/Researchgate\\_Linnik\\_1.pdf](http://www.geokhi.ru/library/Lists/Announcements/Attachments/356/Researchgate_Linnik_1.pdf) (дата обращения: 27.07.2023).

2. Крупные радиационные аварии: последствия и защитные меры / Р. М. Алексахин, Л. А. Булдаков, В. А. Губанов и др. под общей ред. Л. А. Ильина, В. А. Губанова. М. : ИздАТ, 2001. 752 с. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32590853> (дата обращения: 30.07.2023).

3. Радиоэкологические последствия аварии на Чернобыльской АЭС: биологические эффекты, миграция, реабилитация загрязненных территорий / В. С. Анисимов, С. А. Гераськин, И. В. Гешель и др. / под ред. Н. И. Санжаровой, С. В. Фесенко. Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии. М.: РАН. 2018. 278 с. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35305786> (дата обращения: 03.08.2023).

4. Радионуклиды в регионах с различной экологической ситуацией / Г. В. Конюхов, К. Т. Ишмухаметов, Н. Б. Тарасова, Н. М. Василевский // Ветеринарный врач. 2017. № 3. С. 51–56. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=29331331> (дата обращения: 03.08.2023).

5. Радиационно-гигиеническая экспертиза объектов ветнадзора Республики Мордовия / К. Н. Вагин, К. Т. Ишмухаметов, Г. И. Рахматуллина, И. Р. Юнусов, Г. В. Конюхов, Н. Б. Тарасова, Н. М. Василевский // Наука и образование – 2018: матер. всероссийской научно-практической конференции (Мурманск, 15 ноября 2018 года). Мурманск: Мурманский государственный технический университет, 2019. С. 351–356. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=38032810> (дата обращения: 03.08.2023).

6. Радиационно-экологический мониторинг в регионах с различным уровнем радиоактивного загрязнения / К. Н. Вагин, К. Т. Ишмухаметов, Г. И. Рахматуллина, И. Р. Юнусов, Н. Б. Тарасова // Наука и инновации в АПК XXI века: сб. матер. всероссийской научно-прак. конф. молодых ученых, посвященная 145-летию академии (Казань, 15–16 марта 2018 года). Казань: Казанская государственная академия ветеринарной медицины им. Н. Э. Баумана, 2018. С. 18–20. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=38032810> (дата обращения: 03.08.2023).

7. Оценка радиозащитной эффективности микробного полиантигена / Фролов А. В., Низамов Р. Н., Василевский Н. М., Вагин К. Н., Низамов Р. Н. // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н. Э. Баумана. 2020. Т. 244. № 4. С. 207–211. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-radiozaschitnoy-effektivnosti-mikrobnogo-poliantigena> (дата обращения: 05.08.2023).

8. Радиационно-гигиеническая экспертиза объектов ветеринарного надзора Республики Удмуртия / Г. И. Рахматуллина, К. Н. Вагин, К. Т. Ишмухаметов, Р. Н. Низамов, М. Ю. Галлямова // Современные проблемы радиобиологии, радиоэкологии и агроэкологии: сб. докладов IV Международной научно-практической конференции (Обнинск, 22–24 сентября 2021 г.), Обнинск: Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии, 2021. С. 143–146. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=47166161> (дата обращения: 05.08.2023).

9. Радиационно-гигиеническая экспертиза объектов ветеринарного надзора Белгородской области / Р. Н. Низамов, К. Т. Ишмухаметов, И. Р. Юнусов, К. Н. Вагин, М. Ю. Галлямова, Г. И. Рахматуллина // Инновационные решения актуальных вопросов биобезопасности: сб. материалов Международной научно-практической конференции (г. Казань, 2 декабря 2022 г.). Казань: Альянс, 2022. С. 125–129. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=50823732> (дата обращения: 27.07.2023).

10. Радиационная безопасность агросферы в районах расположения атомных электростанций / А. В. Панов, В. К. Кузнецов, П. Н. Цыгвинцев, Н. Н. Исамов // Российская сельскохозяйственная наука. 2022. № 1. С. 47–52. URL: [https://sciencejournals.ru/view-article/?j=russhn&y=2022&v=0&n=1&a=RosShN\\_2201008Panov](https://sciencejournals.ru/view-article/?j=russhn&y=2022&v=0&n=1&a=RosShN_2201008Panov) (дата обращения: 26.07.2023).

*Статья поступила в редакцию 24.08.2023 г.; одобрена после рецензирования 20.09.2023 г.; принята к публикации 04.10.2023 г.*

## Об авторах

### Юнусов Ильнар Расимович

кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, Федеральный центр токсикологической, радиационной и биологической безопасности (420075, Российская Федерация, г. Казань, Научный городок, д. 2), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2715-7764>, [chip5169@mail.ru](mailto:chip5169@mail.ru)

### Ишмухаметов Камил Талгатович

кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, Федеральный центр токсикологической, радиационной и биологической безопасности (420075, Российская Федерация, г. Казань, Научный городок, д. 2), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8398-1155>, [kamil-ishmuhametov@rambler.ru](mailto:kamil-ishmuhametov@rambler.ru)

### Рахматуллина Гульназ Ильгизаровна

кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, Федеральный центр токсикологической, радиационной и биологической безопасности (420075, Российская Федерация, г. Казань, Научный городок, д. 2), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9411-9744>, [rakhmatullina.gulnazik@yandex.ru](mailto:rakhmatullina.gulnazik@yandex.ru)

*Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.*

1. Linnik V. G. Landshaftnaya differentsiatsiya tekhnogennykh radionuklidov : monografiya [Landscape differentiation of technogenic radionuclides: monograph]. М., Publ. house of GEOKhI RAS, 2018, 372 p. Available at: [http://www.geokhi.ru/library/Lists/Announcements/Attachments/356/Researchgate\\_Linnik\\_1.pdf](http://www.geokhi.ru/library/Lists/Announcements/Attachments/356/Researchgate_Linnik_1.pdf) (accessed 27.07.2023). (In Russ.).

2. Aleksakhin R. M., Buldakov L. A., Gubanov V. A. et al. Krupnye radiatsionnye avarii: posledstviya i zashchitnye mery [Major radiation accidents: consequences and protective measures]. Edited by L. A. Piyin, V. A. Gubanov. М., Izdat Publ., 2001, 752 p. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32590853> (accessed 30.07.2023). (In Russ.).

3. Anisimov V. S. Radioekologicheskie posledstviya avarii na Chernobyl'skoi AES: biologicheskie efekty, migratsiya, reabilitatsiya zagryaznennykh territorii [Radioecological consequences of the Chernobyl accident: biological effects, migration, rehabilitation of contaminated areas]. Edited by N. I. Sanzharova, S. V. Fesenko, M., Publ. house of RAS, 2018, 278 p. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35305786> (accessed 03.08.2023). (In Russ.).

4. Konyukhov G. V., Tarasova N. B., Vasilevski N. M., Aslanov R. M. Radionuklidy v regionakh s razlichnoi ekologicheskoi situatsiei [Radionuclides in regions with different environmental situation]. *Veterinarnyi vrach* = The Veterinarian, 2017, no. 3, pp. 51–56. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=29331331> (accessed 03.08.2023). (In Russ.).

5. Vagin K. N., Ishmukhametov K. T., Rakhmatullina G. I., Yunusov I. R., Konyukhov G. V., Tarasova N. B., Vasilevsky N. M. Radiatsionno-gigienicheskaya ekspertiza ob"ektov vetnadzora Respubliki Mordoviya [Radiation-hygienic examination of vet supervision facilities of the Republic of Mordovia]. *Nauka i obrazovanie – 2018: materialy Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii (Murmansk, 15 Noyabrya 2018 goda)* = Science and Education-2018: materials of the All-Russian scientific and practical conference (Murmansk, November 15, 2018), Murmansk, Publ. house of Murmansk State Technical University, 2019, pp. 351–356. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=38032810> (accessed 03.08.2023). (In Russ.).

6. Vagin K. N., Ishmukhametov K. T., Rakhmatullina G. I., Yunusov I. R., Tarasova N. B. Radiatsionno-ekologicheskii monitoring v regionakh s razlichnym urovnem radioaktivnogo zagryazneniya [Radiation and environmental monitoring in regions with different levels of radioactive contamination]. *Nauka i innovatsii v APK XXI veka: sb. materialov Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii molodykh uchennykh, posvyashchennaya 145-letiyu akademii (Kazan, 15–16 marta 2018 goda)* = Science and innovation in the AIC of the 21st century: collection of materials of the All-Russian scientific and practical conference of young scientists, dedicated to the 145th anniversary of the Academy (Kazan, March 15–16, 2018), Kazan, Publ. house of Kazan Bauman State Academy of Veterinary Medicine, 2018, pp. 18–20. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=38032810> (accessed 03.08.2023). (In Russ.).

7. Frolov A. V., Nizamov R. N., Vasilevskiy N. M., Vagin K. N., Nizamov R. N. Otsenka radiozashchitnoi effektivnosti mikrobnogo poliantigena [Estimation of radio protection efficiency microbial polyantigen]. *Uchenye zapiski Kazanskoi gosudarstvennoi akademii veterinarnoi meditsiny im. N. E. Baumana* = Scientific notes of Kazan Bauman State Academy of Veterinary Medicine, 2020, vol. 244, no. 4, pp. 207–211. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-radiozaschitnoy-effektivnosti-mikrobnogo-poliantigena> (accessed 05.08.2023). (In Russ.).

8. Rakhmatullina G. I., Vagin K. N., Ishmukhametov K. T., Nizamov R. N., Gallyamova M. Yu. Radiatsionno-gigienicheskaya ekspertiza ob"ektov veterinarnogo nadzora Respubliki Udmurtiya [Radiation and hygienic expertise of objects veterinary supervision of the Republic of Udmurtia]. *Sovremennyye problemy radiobiologii, radioekologii i agroekologii: sb. dokladov IV Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii (Obninsk, 22–24 sentyabrya 2021 g.)* = Modern Problems of Radiobiology, Radioecology and Agroecology: col. of reports of the IV International scientific and practical conference (Obninsk, September 22–24, 2021), Obninsk, Publ. house of the All-Russian Research Institute of Radiology and Agroecology, 2021, pp. 143–146. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=47166161> (accessed 05.08.2023). (In Russ.).

9. Nizamov R. N., Ishmukhametov K. T., Yunusov I. R., Vagin K. N., Galliamova M. Yu., Rakhmatullina G. I. Radiatsionno-gigienicheskaya ekspertiza ob"ektov veterinarnogo nadzora Belgorodskoi oblasti [Radiation and hygienic examination of objects of veterinary supervision of the Belgorod region]. *Innovatsionnye resheniya aktual'nykh voprosov biobezopasnosti: sb. materialov Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii (g. Kazan', 2 dekabrya 2022 g.)* = Innovative Solutions to Current Biosafety Issues: col. of materials of the International scientific and practical conference (Kazan, December 2, 2022), Kazan, Alliance Publ., 2022, pp. 125–129. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=50823732> (accessed 27.07.2023). (In Russ.).

10. Panov A. V., Kuznetsov V. K., Tsygvintsev P. N., Isamov N. N. Radiatsionnaya bezopasnost' agrosfery v raionakh raspolozheniya atomnykh elektrostantsii [Radiation safety of agrosphere in the vicinity of nuclear power plants]. *Rossiiskaya sel'skokhozyaystvennaya nauka* = Russian Agricultural Sciences, 2022, no. 1, pp. 47–52. Available at: [https://sciencejournals.ru/view-article/?j=russhn&y=2022&v=0&n=1&a=RosShN\\_2201008Panov](https://sciencejournals.ru/view-article/?j=russhn&y=2022&v=0&n=1&a=RosShN_2201008Panov) (accessed 26.07.2023). (In Russ.).

*The article was submitted 24.08.2023; approved after reviewing 20.09.2023; accepted for publication 04.10.2023.*

#### About the authors

##### **Инар Р. Юнусов**

Dr. Sci. (Biology), Senior Researcher, Federal Center for Toxicological, Radiation and Biological Safety (2 Nauchnyi Gorodok, Kazan 420075, Russian Federation), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2715-7764>, [chip5169@mail.ru](mailto:chip5169@mail.ru)

##### **Камил Т. Ишмухаметов**

Ph. D. (Biology), Senior Researcher, Federal Center for Toxicological, Radiation and Biological Safety (2 Nauchnyi Gorodok, Kazan 420075, Russian Federation), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8398-1155>, [kamil-ishmuhametov@rambler.ru](mailto:kamil-ishmuhametov@rambler.ru)

##### **Гулназ И. Ракхматуллина**

Ph. D. (Biology), Senior Researcher, Federal Center for Toxicological, Radiation and Biological Safety (2 Nauchnyi Gorodok, Kazan 420075, Russian Federation), ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9411-9744>, [rakhmatullina.gulnazik@yandex.ru](mailto:rakhmatullina.gulnazik@yandex.ru)

*All authors have read and approved the final manuscript.*