



Научная статья

УДК 631.4:502.76

doi: 10.55186/25876740_2025_68_3_354

ОЦЕНКА ДОЗ ВНЕШНЕГО ОБЛУЧЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РАБОЧИХ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ РАБОТ НА ЗАГРЯЗНЕННОЙ ТЕРРИТОРИИ БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ

П.М. Орлов, Н.И. Аканова, С.Б. Говоркова

Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии
имени Д.Н. Прянишникова, Москва, Россия

Аннотация. В статье приведена оценка уровней загрязнения почвы ^{137}Cs в Клинцовском, Красногорском и Новозыбковском районах Брянской области в 2014, 2025 и 2030 гг. Отмечена высокая вариабельность содержания на уровне сельских поселений (муниципальных образований) и сельских населенных пунктов. В деревне Заречье Лопатенского сельского поселения Клинцовского района стандартный интервал содержания ^{137}Cs в почве в 2025 г. составлял 0,2-26,0 Ки/км²; в деревне Кузнец Рожновского сельского поселения Клинцовского района Брянской области — 2,7-38,7 Ки/км². Очень высокие верхние границы уровня содержания ^{137}Cs наблюдаются также и в муниципальных образованиях и сельских населенных пунктах Красногорского и Новозыбковского районов (более 50 Ки/км²) и Новозыбковского района (более 90 Ки/км²). В 2025 г. во многих сельских населенных пунктах Красногорского и Новозыбковского районов верхние границы дополнительных годовых эффективных доз внешнего облучения от ^{137}Cs в почве превышают требования норм радиационной безопасности для населения в 1 мЗв/год. Проведены оценки дополнительных годовых эффективных доз внешнего облучения сельскохозяйственных рабочих на уровне муниципальных образований и сельских населенных пунктов названных районов Брянской области. В отдельных сельских населенных пунктах, имеющих аномально высокое содержание ^{137}Cs в почве, рассчитаны мощности эффективных доз внешнего облучения для сельскохозяйственных рабочих, проводящих сельскохозяйственные или реабилитационные работы на землях сельхозназначения. Оценено ориентировочно допустимое годовое время их пребывания (от 50 до 1900 час/год) на аномально загрязненных полях ^{137}Cs .

Ключевые слова: почва, уровень загрязнения ^{137}Cs , дополнительная годовая эффективная доза, мощность эффективных доз, сельскохозяйственные рабочие

Original article

ASSESSMENT OF EXTERNAL RADIATION DOSES FOR AGRICULTURAL WORKERS DURING WORK IN THE CONTAMINATED TERRITORY OF THE BRYANSK REGION

P.M. Orlov, N.I. Akanova, S.B. Govorkova

All-Russian Research Institute of Agrochemistry named after D.N. Pryanishnikov,
Moscow, Russia

Abstract. The article provides an assessment of the levels of ^{137}Cs soil pollution in the Klintsovsky, Krasnogorsky and Novozybkovsky districts of the Bryansk region in 2014, 2025 and 2030. There is a high variability of content at the level of rural settlements (municipalities) and rural settlements. In the village of Zarechye, Lopatensky rural settlement, Klintsovsky district, the standard range of ^{137}Cs content in the soil in 2025 was 0.2-26.0 Ci/km²; in the village of Kuznets, Rozhnovsky rural settlement, Klintsovsky district, Bryansk region — 2.7-38.7 Ci/km². Very high upper limits of the ^{137}Cs content are also observed in municipalities and rural settlements of Krasnogorsky (more than 50 Ci/km²) and Novozybkovsky district (more than 90 Ci/km²). In 2025, in many rural settlements of Krasnogorsky and Novozybkovsky districts, the upper limits of additional annual effective doses of external radiation from ^{137}Cs in the soil exceed the requirements of radiation safety standards for the population by 1 mSv/year. Estimates of additional annual effective doses of external radiation to agricultural workers at the level of municipalities and rural settlements of the named districts of the Bryansk region have been carried out. In some rural settlements with an abnormally high content of ^{137}Cs in the soil, the effective external irradiation capacities for agricultural workers carrying out agricultural or rehabilitation work have been calculated. The estimated allowable annual residence time (from 50 to 1900 hours/year) in abnormally polluted fields of ^{137}Cs is estimated.

Keywords: soil, ^{137}Cs pollution level, additional annual effective dose, effective dose rate, agricultural workers

Введение. Ведение сельского хозяйства в условиях радиоактивного загрязнения почвы представляет собой сложную научно-производственную задачу. С одной стороны, требуется получение сельскохозяйственной продукции с уровнем загрязнения радионуклидами, удовлетворяющим требованиям санитарно-гигиенических норм. С другой стороны, необходимо обеспечить радиационную безопасность сельскохозяйственных рабочих.

При радиоактивном загрязнении почвы ^{137}Cs от Чернобыльской аварии основное внимание уделялось проблеме получения «чистой» сельскохозяйственной продукции, удовлетворяющей требованиям норм радиационной безопасности. Были разработаны агрохимические и агротехнические методы снижения поступления ^{137}Cs в урожай [1-5].

Решению проблеме радиационной безопасности сельскохозяйственных рабочих уделялось недостаточное внимание. Между тем, в Брянской области уровни загрязнения почв ^{137}Cs остаются очень высокими. В 1992-1993 гг. на отдельных территориях плотность загрязнения почвы ^{137}Cs превышала 100 Ки/км². На 17 тыс. га сельскохозяйственных угодий плотность загрязнения ^{137}Cs в почве превышала 40 Ки/км² [4, 5], что обеспечивало весомый вклад внешнего облучения в формирование годовой эффективной дозы. В этой связи на современном этапе ведения сельского хозяйства возникает проблема учета годовых эффективных доз внешнего облучения сельскохозяйственных рабочих, выполняющих работы на сельскохозяйственных угодьях с высоким уровнем загрязнения почвы ^{137}Cs .

Проблема учета годовых эффективных доз внешнего облучения осложняется тем, что загрязнение почвы после радиоактивных выпадений в Брянской области характеризуется сильной неравномерностью на уровне районов, муниципальных образованиях и сельских населенных пунктов [6, 7]. Это требует большого объема статистических расчетов.

Методология проведения исследования. Ранее нами были проведены статистические оценки средних значений и стандартных интервалов содержания ^{137}Cs в почве и годовых эффективных доз для населения, проживающего и работающего в сильно загрязненных районах Брянской области [8]. При обработке массива данных [9, 10] были выявлены муниципальные образования и сельские населенные пункты, которые содержали аномально высокие



концентрации ^{137}Cs в почве. В этом случае мощности эффективных доз значительно превышают стандартные значения, характерные для муниципальных образований. Соответственно, требуется оценить мощности и годовые эффективные дозы внешнего облучения для сельскохозяйственных рабочих при проведении сельскохозяйственных работ на полях с высоким уровнем загрязнения и реабилитационных работ на сельскохозяйственных угодьях, которые были выведены из землепользования (плотность загрязнения почвы ^{137}Cs более 80 Ки/км 2 в 1992–1993 гг.).

Ход исследования. В настоящей работе проведена оценка мощностей и годовых эффективных доз внешнего облучения сельскохозяйственных рабочих при проведении ими работ на сильно загрязненных (40–80 Ки/км 2) и аномально сильно загрязненных (более 80 Ки/км 2 в 1992–1993 гг.) полях Клинцовского, Красногорского и Новозыбковского районов Брянской области. Целью работы является оценка годовых эффективных доз внешнего облучения и расчет ориентировочно допустимого времени пребывания в течение 1 года сельскохозяйственных рабочих на сильно загрязненных полях.

Результаты и обсуждение. По результатам работ [7, 9, 10] из совокупности данных по содержанию ^{137}Cs в почве отобраны сельские поселения (муниципальные образования) и сельские населенные пункты Брянской области, в которых среднее содержание превышало 5 Ки/км 2 в 2014 г. С учетом периода полуыведения ^{137}Cs из почвы [11] рассчитано его содержание в почве в 2025 и 2030 гг. в муниципальных образованиях и сельских населенных пунктах. Результаты представлены в таблицах 1, 2, 3. Из таблиц видно, что для сельских поселений наблюдается сильная неравномерность загрязнения почвы. Минимальное и максимальное значения наблюдаемого интервала разнятся в несколько раз, для отдельных поселений — в 10 и более раз. Для муниципальных образований Брянской области эти различия меньше, но тоже весьма существенны. Это характерно для всех трех муниципальных районов.

Годовую эффективную дозу в 1 мЗв/год для населения муниципальных образований обуславливает средний уровень загрязнения почвы ^{137}Cs в 15,7 Ки/км 2 [8]. В Клинцовском районе (табл. 1) такие муниципальные образования (сельские поселения) и сельские населенные пункты отсутствуют. Однако в ряде поселений верхние уровни содержания ^{137}Cs в почве превышают указанную величину. В 2025 г. в поселке Заречье Лопатинского сельского поселения верхний уровень содержания равен 26,0 Ки/км 2 , в деревне Кузнец Рожновского сельского поселения — 38,7 Ки/км 2 , в поселке Кипень-Ущерпский Рожновского сельского поселения в Клинцовском районе — 25,0 Ки/км 2 , Клинцы — 21,6 Ки/км 2 , Новоречица — 17,0 Ки/км 2 , Новый мир — 21,0 Ки/км 2 , селе Ущерпье — 17,0 Ки/км 2 .

В Красногорском районе (табл. 2) наблюдается наиболее сильная вариабельность уровней загрязнения почвы ^{137}Cs относительно других районов Брянской области. При среднем значении равным 5,3 Ки/км 2 стандартное отклонение — 7,5 Ки/км 2 в 2025 г. Таким образом, нижнюю границу содержания ^{137}Cs в почве Красногорского района оценить не удается.

В 2025 г. в селе Николаевка Колюдовского сельского поселения среднее содержание ^{137}Cs в почве равнялось 30,3 Ки/км 2 ; в селе

Таблица 1. Содержание ^{137}Cs в почве Клинцовского района на уровне сельского поселения (муниципального образования) со средним уровнем загрязнения более 5 Ки/км 2 в 2014 г.
Table 1. The content of ^{137}Cs in the soil of the Klintsovsky district at the level of rural settlements (municipalities) with an average pollution level of more than 5 Ci/km 2 in 2014

Сельские поселения и сельские населенные пункты*	Содержание ^{137}Cs в почве, Ки/км 2 (среднее значение/интервал наблюдения)			Количество проб
	2014 г.	2025 г.	2030 г.	
с.п. Великотопальское	5,8±0,3/4,9-6,7	4,6/3,8-5,3	4,1/3,4-4,7	272
п. Красный мост	6,1/3,6-9,7	4,6/2,7-7,3	3,9/2,2-6,1	16
с.п. Гулевское	6,2±0,3/5,3-7,1	4,6/4,0-5,3	3,9/3,4-4,5	128
п. Вольница-2-я	6,5/0,5-13,9	4,9/0,4-10,4	4,1/0,3-8,7	16
п. Заречье	7,8/4,6-14,5	5,9/3,5-10,9	5,0/2,9-9,2	9
п. Калинин	6,2/2,6-10,3	4,7/2,0-7,7	4,0/1,7-6,5	13
п. Каменуха	6,0/1,8-10,3	4,5/1,4-7,7	3,8/1,2-6,5	10
п. Красный мост	6,9/3,6-12,1	5,2/2,7-9,0	4,4/2,3-7,6	17
п. Особцы	5,2/3,4-11,5	3,9/2,6-8,6	3,3/2,2-7,2	18
п. Станилов	5,4/3,0-7,1	4,1/2,2-5,3	3,4/1,9-4,5	14
с. Песчанка	5,6/<8,4	4,2/<6,3	3,5<5,3	31
с.п. Лопатинское	7,2±0,3/6,3-8,1	5,4/4,7-6,1	4,5/4,0-5,1	190
п. Заречье	6,6/0,3-34,7	5,0/0,2-26,0	4,2/<22	37
д. Унеча	9,0/2,2-16,3	6,8/1,7-12,2	5,7/1,4-10	39
п. Буйн	6,3/2,0-12,5	4,7/1,5-9,4	4,0/1,3-7,9	21
п. Глинное	7,2/3,6-11,0	5,4/2,7-8,3	4,5/1,4-7,0	16
п. Кожухово	6,8/2,5-12,4	5,1/1,5-9,3	4,3/1,3-7,8	15
п. Лядовка	6,5/4,5-12,1	4,9/3,4-9,1	4,1/2,9-7,7	19
п. Новая Алексеевка	6,7/0,5-15,7	5,0/0,4-11,8	4,2/0,7-9,9	14
п. Новый Рассвет	8,6/4,6-16,5	6,5/3,5-12,3	5,5/2,9-10,3	29
с. Гуто-Корецкая	7,5/1,4-19,3	5,6/1,1-14,5	4,7/0,9-12,2	38
х. Ганновка	6,6/0,6-9,6	5,0/0,5-7,2	4,2/0,4-6,1	20
с.п. Медведковское	6,5±0,5/5,3-7,7	5,1/4,2-6,1	4,5/4,7-5,4	300
с. Кивай	5,2/0,7-10,9	3,9/0,5-8,2	3,3/0,4-6,9	30
с.п. Первомайское	6,7±0,6/5,4-8,0	5,0/4,1-6,0	4,2/3,4-5,0	135
д. Рудня-Голубовка	6,1/2,5-13,9	4,6/1,9-10,4	3,9/1,6-8,7	30
д. Теремошка	8,6/1,3-15,1	6,5/1,0-11,3	5,5/0,8-9,5	42
д. Тулуковщина	6,0/1,3-12,7	4,5/1,0-9,5	3,8/1,1-8,0	27
с. Ольховка	6,2/2,6-13,6	4,7/2,0-10,2	4,0/1,7-8,6	36
м. Рожновское	10,1±0,6/7,8-12,4	7,6/5,9-9,3	6,4/4,2-7,8	498
д. Веприн	12,1/7,1-18,4	9,1/5,3-13,8	7,7/4,5-11,6	23
д. Кузнец	12,6/3,7-51,6	9,5/2,7-38,7	8,0/2,3-32,5	46
д. Лесновка	9,2/1,3-18,3	6,9/1,0-13,7	5,8/0,8-11,5	28
д. Писаревка	10,0/4,7-13,3	7,5/3,5-10,0	6,3/2,9-8,4	25
п. Красная Криница	8,7/5,6-15,3	6,5/4,2-11,5	5,5/3,5-9,7	29
п. Борозенщина	7,0/4,0-10,2	5,3/3,0-7,7	4,5/2,5-6,5	25
п. Голота	9,5/3,4-18,8	7,1/2,6-14,1	6,0/2,2-11,9	22
п. Кипень-Ущерпский	11,2/0,7-33,5	8,4/0,5-25,0	7,1/0,4-21	31
п. Колпины	9,6/3,3-28,8	7,2/2,5-21,6	6,1/2,1-18,2	25
п. Корына	8,1/4,5-11,3	6,1/3,4-8,5	5,1/2,9-7,1	20
п. Красный Луч	14,9/1,0-32,8	11,2/0,8-24,6	9,4/0,7-20,6	22
п. Новоречица	10,0/0,7-23,0	7,5/0,5-17,0	6,3/0,4-14,3	29
п. Новый Мир	13,1/4,0-28,1	9,8/3,0-21,0	8,2/2,5-17,7	24
п. Свисток	10,7/5,7-18,5	8,0/4,3-13,9	6,7/3,6-11,7	23
п. Ягодка	9,5/2,2-15,1	7,1/1,7-11,3	6,0/1,4-9,5	20
п. Рожны	5,5/1,6-10,3	4,1/1,2-7,7	3,4/1,0-6,5	58
с. Ущерпье	9,8/4,9-22,7	7,4/3,7-17,0	6,2/3,1-14,3	48
Клинцовский район в целом	4,5/1,4-7,6	3,7/1,2-6,2	3,4/1,1-5,7	2329

*с.п. — сельское поселение, п. — поселок, с. — село, д. — деревня, х. — хутор (соответствует обозначениям во всех таблицах к статье).

Зaborье Макаричского сельского поселения — 40,4 Ки/км 2 ; в селах Яловского сельского поселения Увелье — 16,9 Ки/км 2 и Яловка — 21,4 Ки/км 2 . Жителей данных населенных пунктов мы не рекомендуем привлекать к работе по реабилитации аномально загрязненных ^{137}Cs сельскохозяйственных угодий, выведенных из землепользования.

Кроме того, в 2025 г. в Колюдовском сельском поселении верхняя граница содержания

^{137}Cs в почве равна 28,3 Ки/км 2 , в Яловском среднее значение равно 21,4 Ки/км 2 , верхняя граница — 27,6 Ки/км 2 .

В поселках Колюдовского сельского поселения Красногорского района: Криничное — среднее значение составляет 3,5 Ки/км 2 и Рубаны — 7,7 Ки/км 2 , а в селе Николаевка — 30,3 Ки/км 2 . В селе Зaborье Макаричского сельского поселения среднее значение также значительно превышает средние значения содержания ^{137}Cs





в других поселениях. Функция содержания ^{137}Cs в почве является непрерывной функцией по площади загрязнения. По этой причине в Колюдовском и Макаричском сельских поселениях возможно наличие не выявленных территорий с высоким уровнем загрязнения почвы ^{137}Cs .

В селе Николаевка Журинического сельского поселения верхняя граница содержания составляет 51,2 КИ/км², поселке Рубаны Колюдовского сельского поселения — 18,2 КИ/км²; в деревне Батуровка Павловского сельского поселения — 20,2 КИ/км², в селе Великоудебное Красногорского сельского поселения — 20,6 КИ/км²; в Лотаковском сельском поселении в деревне Чиграй — 27,9 КИ/км², в селе Зaborье Макаричского сельского поселения — 120 КИ/км² и в селах Увелье — 39,9 КИ/км² и Яловка — 42,9 КИ/км² Яловского сельского поселения. Для жителей этих населенных пунктов целесообразно ограничить время работы на сильно загрязненных сельскохозяйственных угодьях.

Новозыбковский район является наиболее загрязненным ^{137}Cs районом Брянской области (табл. 3). Во всех муниципальных образованиях данного района существуют территории с уровнем загрязнения почвы ^{137}Cs более 5 КИ/км² в 2025 г. В селе Старый Вышков Старобобовичского сельского поселения среднее содержание ^{137}Cs в почве равно 17,7 КИ/км². Сельскохозяйственных рабочих, проживающих в данном населенном пункте, не рекомендуется привлекать к работам на аномально сильно загрязненных сельскохозяйственных угодьях.

В других муниципальных образованиях Новозыбковского района имеются сельские населенные пункты, в которых верхняя граница

содержания ^{137}Cs в почве превышает значение 15,7 КИ/км². В Верещакском сельском поселении: поселок Новые Катичи — 21,4 КИ/км², села Вихолка — 17,0 КИ/км² и Катичи — 29,9 КИ/км²; Деменское Сельское поселение: села Деменка — 25,3 КИ/км² и Перевоз — 17,5 КИ/км², Опытная Станция — 104 КИ/км²; Замишевское сельское поселение: деревня Крутоберезка — 18,0 КИ/км², села Замишево — 49,2 КИ/км², Манюки — 27,1 КИ/км²; Старобобовичское сельское поселение: поселки Грива — 19,0 КИ/км², Гривка — 19,9 КИ/км², Победа — 16,4 КИ/км², Прудовка — 18,6 КИ/км², Ясная Поляна — 22,9 КИ/км², села Новые Бобовичи — 25,3 КИ/км², Старые Бобовичи — 27,3 КИ/км², Старый Вышков — 94,3 КИ/км², хутор Будынка — 22,8 КИ/км²; Тростянское сельское поселение: деревни Дубровка — 17,7 КИ/км² и Тростань — 22,8 КИ/км², хутор Величка — 19,2 КИ/км²; Халеевичское сельское поселение: деревни Старая Рудня — 18,0 КИ/км² и Холевичи — 17,9 КИ/км², поселки Дедовский — 16,4 КИ/км², Полек — 20,9 КИ/км², Синявка — 19,4 КИ/км², Ягодное — 31,9 КИ/км²; Шеломовское сельское поселение: деревни Журавка — 20,6 КИ/км² и Керна — 17,2 КИ/км², села Новое Место — 30,5 КИ/км², Шеломы — 24,2 КИ/км², верхняя граница больше 15,7 КИ/км².

Сильная вариабельность содержания ^{137}Cs в почве обуславливает необходимость оценки годовых эффективных доз облучения сельскохозяйственных рабочих, проживающих и работающих на территории сильно загрязненных муниципальных образований.

В таблице 4 представлены дополнительные годовые эффективные дозы внешнего облучения от ^{137}Cs в почве для сельскохозяйственных

рабочих на уровне сельских поселений Клинцовского, Красногорского и Новозыбковского районов. Из всей совокупности данных отобраны сельские поселения с сельскими населенными пунктами, в которых верхняя граница дополнительной годовой эффективной дозы больше 1 мЗв/год.

Расчет годовых эффективных доз внешнего облучения проводился в соответствии с методикой [8, 12] по формуле 1:

$$H_1 = \frac{B_1 \cdot K_1}{J} (\omega + \frac{1 - \omega}{K_x}), \quad (1)$$

где B_1 — дозовый коэффициент внешнего облучения, то есть мощность эквивалентной дозы поля внешнего облучения от поверхностного загрязнения ^{137}Cs почвы 1 КИ/км² на высоте 1 м ($B=0,341 \text{ мЗв}\cdot\text{км}^2/\text{год}\cdot\text{Ки}$); J — коэффициент изотропности, учитывающий самоэкранирование тела человека в поле внешнего гамма-излучения (для ^{137}Cs $J=1,5$); K_1 — фактор самопоглощения гамма-излучения в пахотном слое при равномерном распределении в нем ^{137}Cs ($K_1=0,4$); ω — доля времени пребывания человека на открытой местности (в среднем за год $\omega=0,5$); K_x — кратность ослабления внешнего гамма-излучения деревянной жилой застройки (для гамма-излучения ^{137}Cs $K_x=2,5$). Подстановка этих значения в формулу 1 дает величину $H=0,0637 \text{ мЗв}\cdot\text{км}^2/\text{год}\cdot\text{Ки}$. Эта величина будет одинаковой для всех типов почв.

В 2025 г. в Колюдовском сельском поселении Красногорского района село Николаевка — средняя годовая эффективная доза равняется 1,9 мЗв/год, Макаричское сельское поселение село Зaborье — 2,6 мЗв/год; село Старый Вышков Старобобовичского сельского поселения Новозыбковского района — 1,1 мЗв/год. Сельскохозяйственных рабочих, проживающих в этих населенных пунктах, не рекомендуется привлекать к работам по реабилитации сельскохозяйственных угодий с аномально высоким уровнем загрязнения почвы ^{137}Cs . В остальных сельских поселениях среднее значение дозы меньше 1 мЗв/год. В ряде населенных пунктов значение названного параметра близко к единице. В деревне Чиграй Лотаковского сельского поселения Красногорского района дополнительная годовая эффективная доза равняется 0,8 мЗв/год; в Деменском сельском поселении Новозыбковского района в поселке Опытная Станция — 0,9 мЗв/год, селе Деменко — 0,8 мЗв/год, селе Перевоз — 0,8 мЗв/год, поселке Грива Старобобовичского сельского поселения — 0,9 мЗв/год, селе Новые Бобовичи — 0,8 мЗв/год; поселке Ягодное Халеевского сельского поселения — 0,8 мЗв/год. Для сельскохозяйственных рабочих, проживающих в данных населенных пунктах, целесообразно ограничить время их пребывания на сильно загрязненных ^{137}Cs полях при проведении сельскохозяйственных или реабилитационных работ.

С этой целью на этих территориях рассчитана мощность эффективной дозы внешнего облучения от ^{137}Cs для сельскохозяйственных рабочих с максимальным уровнем загрязнения почвы в 2014, 2025 и 2030 гг. Расчет проводился по формуле 2:

$$H^* = B_2 \cdot K_1 / J, \quad (2)$$

где B_2 — дозовый коэффициент внешнего облучения, то есть мощность эквивалентной дозы поля внешнего облучения от поверхностного загрязнения ^{137}Cs почвы 1 КИ/км² на высоте 1 м ($B=0,039 \text{ мКЗв}\cdot\text{км}^2/\text{час}\cdot\text{Ки}$).

Таблица 2. Содержание ^{137}Cs в почве Красногорского района на уровне сельского поселения (муниципального образования) со средним уровнем загрязнения более 5 КИ/км² в 2014 г.

Table 2. The content of ^{137}Cs in the soil of the Krasnogorsk district at the level of a rural settlement (municipality) with an average pollution level of more than 5 Ci/km² in 2014

Сельские поселения и сельские населенные пункты	Содержание ^{137}Cs в почве, КИ/км ² (среднее значение/интервал наблюдения)			Количество проб
	2014 г.	2025 г.	2030 г.	
с.п. Колюдовское	19,9±10,0/40,7	13,9<28,3	11,2<22,9	218
п. Криничное	5,1/0,9-8,7	3,5/0,62-6,1	2,8/0,50-4,9	21
с. Николаевка	43,6/4,0-73,5	30,3/2,8-51,2	24,5/2,3-41,3	176
п. Рубаны	11,0/2,2-26,1	7,7/1,5-18,2	6,2/1,2-14,7	21
м. Красногорское	10,1±1,1/7,7-12,5	7,0/5,4-8,7	5,6/4,4-7,0	146
д. Батуровка	13,7/1,9-29,0	9,5/1,3-20,2	7,7/1,0-16,3	29
д. Дубенец	9,1/3,5-18,5	6,3/2,4-12,9	5,1/1,9-10,4	27
д. Селец	7,4/0,4-12,5	5,1/0,3-8,7	4,1/0,2-7,0	44
п. Заглодье	9,0/5,0-15,7	6,3/3,5-10,9	5,1/2,8-8,8	8
с. Великоудебное	11,3/3,3-29,6	7,9/2,5-20,6	6,4/2,0-16,6	38
с.п. Лотаковское				
д. Чиграй	18,2/6,6-40,1	12,7/4,6-27,9	10,2/3,7-22,5	27
с.п. Любовшанское				
п. Яменец	5,9/3,3-9,3	4,1/2,3-6,5	3,3/1,9-5,2	20
с.п. Макаричское	20,6±12,5/46	14,3<32	11,5/25,8	579
д. Вяжновка	7,8/3,3-12,8	5,4/2,3-8,9	4,4/1,9-7,2	37
д. Макаричи	9,1/0,3-15,8	6,3/0,2-11,0	5,1/0,2-8,9	68
с. Зaborье	58,1/1,4-172	40,4/1,0-120	32,6/0,81-97	411
с. Медведи	7,3/1,8-17,6	5,0/1,3-12,2	4,0/1,0-9,8	63
с.п. Перелазское				
с. Городечня	10,0/2,8-15,5	7,0/1,9-10,8	5,6/1,5-8,7	
м. Яловское	30,7±6,4/21,7-39,7	21,4/15,1-27,6	17,2/12,4-22,3	545
с. Увелье	24,3/4,8-57,3	16,9/3,3-39,9	13,6/2,7-32,2	350
с. Яловка	37,0/2,0-61,6	25,8/1,4-42,9	20,8/1,1-34,6	195
Красногорский район в целом	7,0/<16,9	4,9/<11,7	4,1/<9,8	3173



Таблица 3. Содержание ^{137}Cs в почве Новозыбковского района на уровне сельского поселения (муниципального образования) со средним уровнем загрязнения более 5 Ки/км² в 2014 г.
Table 3. The content of ^{137}Cs in the soil of the Novozybkovsky district at the level of a rural settlement (municipality) with an average pollution level of more than 5 Ci/km² in 2014

Сельские поселения и сельские населенные пункты	Содержание ^{137}Cs в почве, Ки/км ² (среднее значение/интервал наблюдения)			Количество проб
	2014 г.	2025 г.	2030 г.	
с.п. Верещагинский	9,8±0,6/8,0-11,6	7,7±0,5/6,3-9,2	6,8±0,4/5,5-8,1	301
д. Несвоевка	7,7/2,0-12,1	6,1/1,6-9,6	4,8/1,4-8,5	25
п. Грозный	9,4/2,6-14,9	7,4/2,1-11,8	6,6/1,9-10,5	26
п. Мохоновка	7,4/2,4-10,9	5,8/1,9-8,6	5,2/1,7-7,6	26
п. Новые Катичи	11,8/3,3-27,1	9,3/2,6-21,4	8,3/2,3-19,0	31
п. Триголов	9,0/3,8-17,0	7,1/3,0-13,4	6,3/2,7-11,9	29
с. Верещаки	10,0/3,8-17,7	7,9/3,0-14,0	7,0/2,7-12,4	65
с. Вихолка	11,8/2,7-21,5	9,3/2,1-17,0	8,3/1,9-15,1	56
с. Катичи	11,4/2,8-37,8	9,0/2,2-29,9	8,0/2,0-26,6	43
с.п. Деменское	16,6±1,2/14,5-18,7	13,1±0,9/11,4-14,7	11,6±0,8/10,1-13,0	160
п. Опытная Станция	18,5/1,1-131,4	14,6/0,9-104	13,0/0,8-92,5	44
с. Деменка	16,8/5,6-32,1	13,2/4,4-25,3	11,7/3,9-22,5	50
с. Перевоз	14,4/2,7-22,2	11,4/2,1-17,5	10,1/1,9-15,6	66
с.п. Замишевское	8,5±0,6/6,9-10,1	6,7±0,5/5,5-8,0	6,0±0,5/4,9-7,1	476
д. Крутоберезка	7,1/1,8-22,8	5,6/1,4-18,0	5,0/1,2-16,0	58
п. Клюков Мож	11,3/5,7-17,0	8,9/4,5-13,4	7,9/4,0-11,9	17
п. Шитиков Лог	7,2/1,4-13,7	5,7/1,1-10,8	5,1/1,0-9,6	27
с. Белый Колодезь	7,7/2,6-17,4	6,1/2,1-13,7	5,4/1,9-12,2	89
с. Замишево	10,2/0,9-62,4	8,1/0,7-49,2	7,2/0,6-43,7	135
с. Манюки	7,6/1,0-34,3	6,0/0,8-27,1	5,3/0,7-24,1	92
с. Синий Колодец	8,1/3,4-16,2	6,4/2,7-12,8	5,7/2,4-11,4	58
с.п. Старобобовичское	15,4±0,9/12,7-18,1	12,2±0,7/10,0-14,3	10,8±0,6/8,9-12,7	425
п. Гатка	13,6/10,2-19,3	10,7/8,1-15,2	9,5/7,2-13,5	17
п. Грива	17,2/9,7-24,1	13,6/7,7-19,0	12,1/6,8-16,9	26
п. Гривка	13,9/7,7-25,2	11,0/6,1-19,9	9,8/5,4-17,7	15
п. Победа	13,5/4,9-20,8	10,7/3,9-16,4	9,5/3,5-14,6	20
п. Прудовка	14,4/3,8-23,6	11,4/3,0-18,6	10,1/2,7-16,5	30
п. Ясная Поляна	14,5/1,6-29,0	11,5/1,3-22,9	10,2/1,2-20,4	23
с. Новые Бобовичи	15,7/5,5-32,0	12,4/4,3-25,3	11,0/3,8-22,5	94
с. Старые Бобовичи	14,1/0,3-34,5	11,1/0,2-27,3	9,9/0,2-24,3	93
с. Старый Вышков	22,4/5,1-119,4	17,7/4,0-94,3	15,7/3,6-83,8	91
х. Булдынка	14,9/6,6-28,8	11,8/5,2-22,8	10,5/4,6-20,2	16
с.п. Старокривецкое	5,7±0,2/5,2-6,2	4,5±0,2/4,1-4,9	4,0±0,1/3,6-4,4	93
д. Малый Кривец	5,1/2,1-8,1	4,0/1,7-6,4	3,6/1,5-5,7	13
д. Скоробогатая Слобода	5,7/3,3-10,9	4,5/2,8-8,6	4,0/2,5-7,6	19
п. Красный Гай	6,2/1,7-11,5	4,9/1,3-9,1	4,4/1,2-8,1	16
с. Каташин	5,7/1,9-10,0	4,5/1,5-7,9	4,0/1,3-7,0	45
с.п. Тростянское	9,2±0,7/7,5-10,9	7,3±0,6/5,9-8,6	6,5±0,5/5,2-7,6	362
д. Дубровка	11,5/5,8-22,4	9,1/4,6-17,7	8,1/4,1-15,7	40
д. Тростань	7,8/0,2-28,8	6,2/0,2-22,8	5,5/0,1-20,2	81
п. Дружба	9,9/4,4-16,6	7,8/3,5-13,1	6,9/3,1-11,6	22
п. Мамай	10,0/5,8-16,5	7,9/4,6-13,0	7,0/4,1-11,6	30
с. Сновский	6,7/0,6-14,5	5,2/0,5-11,5	4,6/0,4-10,2	89
х. Величка	9,3/4,5-24,3	7,3/3,6-19,2	6,5/3,2-17,1	39
с.п. Халеевское	11,2±0,7/9,1-13,3	8,8±0,6/7,2-10,5	7,8±0,5/6,4-9,3	351
д. Старая Рудня	10,7/3,1-22,8	8,5/2,4-18,0	7,6/2,1-16,0	45
д. Холевичи	13,9/4,8-22,6	11,0/3,8-17,9	9,8/3,4-15,9	59
п. Дедовский	9,6/2,1-20,7	7,6/1,7-16,4	6,8/1,5-14,6	28
п. Калиновка	9,4/1,6-19,2	7,4/1,3-15,2	6,6/1,2-13,5	32
п. Машкинский	10,2/0,7-17,2	8,1/0,6-13,6	7,2/0,5-12,1	32
п. Полек	12,1/3,1-26,5	9,6/2,4-20,9	8,5/2,1-18,6	22
п. Синявка	8,9/2,2-24,5	7,0/2,0-19,4	6,2/1,8-17,2	30
п. Ягодное	15,2/5,2-40,4	12,0/4,1-31,9	10,7/3,6-28,4	46
с. Внуковичи	10,7/1,7-30,1	8,5/1,3-23,8	7,6/1,2-21,2	57
с.п. Шеломовское	12,7±0,7/11,1-14,3	10,0±0,6/8,8-11,8	8,9±0,5/7,8-10,5	231
д. Журавка	12,7/3,6-26,1	10,0/2,8-20,6	8,9/2,5-18,3	24
д. Корна	13,7/3,8-21,8	10,8/3,0-17,2	9,6/2,7-15,3	19
п. Корчи	10,4/2,1-20,0	8,2/1,7-15,8	7,3/1,5-14,0	40
с. Новое Место	14,7/3,3-38,6	11,6/2,6-30,5	10,3/2,3-27,1	78
с. Шеломы	12,0/0,7-30,6	9,5/0,6-24,2	8,4/0,5-21,5	70
Новозыбковский район в целом	10,8/6,7-14,9	8,5/5,3-11,8	7,6/4,7-10,5	2450

Подстановка численных значений в формулу 2 дает величину $H^*=0,010$ мкЗв/час. Эта величина относится к пахотным почвам, в которых ^{137}Cs равномерно распределен по пахотному слою почвы в 20 см ($K_1=0,4$). Принято считать, что в непахотных сельскохозяйственных угодьях ^{137}Cs находится в 5 см слое почвы. В этом случае поглощение гамма-излучения ^{137}Cs почвой меньше в 2 раза ($K_2=0,8$). Соответственно, $H^*=0,020$ мкЗв/час. Результаты представлены в таблице 5.

В соответствии с данными таблиц 4 и 5 по формуле 3 мы оценили ориентировочно допустимое время (верхняя граница) пребывания сельскохозяйственных рабочих на угодьях с аномально высоким содержанием ^{137}Cs в почве.

$$t = 1000(1 - H_1) / H^*, \quad (3)$$

где H_1 — годовая эффективная доза облучения от ^{137}Cs , которую получает сельскохозяйственный рабочий, работая и проживая в данной местности (населенном пункте); H^* — мощность эффективной дозы на сельскохозяйственном угодье от ^{137}Cs .

Результаты представлены в таблице 6. Оценка ориентировочно допустимого времени пребывания рабочих на аномально загрязненных сельскохозяйственных угодьях должна проводиться после радиационного обследования непосредственно перед проведением работ. При принятии решения о целесообразности проведения работ следует учитывать дополнительные дозы внешнего облучения, которые получат сельскохозяйственные рабочие. В современных условиях такой учет достаточно актуален.

Заключение. В настоящей работе мы оценили годовые эффективные дозы внешнего облучения сельскохозяйственных рабочих, проживающих и работающих в наиболее загрязненных сельских поселениях (муниципальных образованиях) Клинцовского, Красногорского и Новозыбковского районов Брянской области. Значительная вариабельность загрязнения почвы ^{137}Cs обуславливает разброс результатов оценки.

В данном варианте оценки годовых эффективных доз внешнего облучения сельскохозяйственных рабочих в 2025 и 2030 гг. учитывались периоды полуыведения ^{137}Cs из почвы, полученные во временному интервале 1992-2014 гг. для средних значений уровней загрязнения почвы. На сельскохозяйственных угодьях с аномально высоким уровнем загрязнения (пиковые значения). Пиковые значения могут обусловить более крутой спад уровней загрязнения и соответственно уменьшение периодов полуыведения. Таким образом, расчетные значения годовых эффективных доз и их мощностей в 2025 и 2030 гг. могут быть несколько больше, чем реальные дозы.

Снижение времени пребывания по сравнению с ориентировочно допустимым на полях сельскохозяйственных угодий уменьшит риски негативных последствий для рабочих.

В формуле 3 величина H_1 соответствует дополнительной годовой эффективной дозе для населения, проживающего в данном сельском поселении. При одинаковых уровнях загрязнения почвы ^{137}Cs мощности экспозиционной и эффективной дозы на сельскохозяйственных угодьях будет существенно выше, чем в населенных пунктах, так как в «чистом поле» отсутствует экранирующее действие зданий. Этот факт обуславливает возможность увеличения рисков





Таблица 4. Дополнительные годовые эффективные дозы облучения (H_1) для сельскохозяйственных рабочих с высокими уровнями загрязнения почвы ^{137}Cs в Клинцовском, Красногорском и Новозыбковском районах
Table 4. Additional annual effective radiation doses (H_1) for agricultural workers with high levels of ^{137}Cs soil contamination in Klintovsky, Krasnogorsky and Novozybkovsky districts

Сельские поселения и сельские населенные пункты	Годовые эффективные дозы (H_1), мЗв/год		
	2014 г.	2025 г.	2030 г.
Клинцовский район			
с.п. Лопатинское			
п. Заречье	0,42/0,02-2,2	0,32/0,01-1,7	0,27/0,01<1,4
с.п. Рожковское	0,64±0,4/0,50-0,79	0,51/0,40-0,62	0,46/0,36-0,55
д. Кузнец	0,8/0,2-3,3	0,6/0,2-2,5	0,5/0,1-2,1
п. Кипень-Ущерпский	0,7/0,04-2,1	0,5/0,03-1,6	0,5/0,02-1,3
п. Колпины	0,6/0,2-1,8	0,5/0,2-1,4	0,4/0,1-1,2
п. Красный Луч	0,9/0,06-2,1	0,7/0,05-1,6	0,6/0,4-1,3
п. Новый мир	0,8/0,3-1,8	0,6/0,2-1,3	0,5/0,2-1,1
Красногорский район			
с.п. Колюдовское			
с. Николаевка	2,8/0,3-4,7	1,9/0,2-3,3	1,6/0,1-2,6
с.п. Красногорское			
д. Батуровка	0,9/0,12-1,8	0,6/0,08-1,3	0,5/0,06-1,0
с. Великоудебное	0,7/0,2-1,9	0,5/0,2-1,3	0,4/0,1-1,1
с.п. Лотаковское			
д. Чиграй	1,2/0,4-2,6	0,8/0,3-1,8	0,6/0,2-1,4
с.п. Макаричское			
с. Зaborье	3,8/0,09-10,9	2,6/0,06-7,6	2,1/0,5-6,1
Новозыбковский район			
с.п. Верещагинский	0,62/0,51-0,74	0,49/0,40-0,58	0,43/0,36-0,52
п. Новые Катичи	0,75/0,21-1,7	0,59/0,17-1,4	0,53/0,15-1,3
с. Катичи	0,72/0,18-2,4	0,57/0,14-1,9	0,51/0,13-1,7
с.п. Деменское	1,1/0,9-1,2	0,9/0,7-1,0	0,8/0,6-0,9
п. Опытная Станция	1,2/0,07-8,4	0,9/0,06-6,6	0,8/0,05-5,9
с. Деменка	1,1/0,4-2,0	0,8/0,3-1,6	0,7/0,2-1,4
с. Перевоз	0,9/0,2-1,4	0,8/0,1-1,1	0,7/0,1-1,0
с.п. Замишевское	0,5/0,4-0,6	0,4/0,3-0,5	0,4/0,2-0,4
д. Крутоберезка	0,5/0,1-1,5	0,4/0,0-1,1	0,3/0,1-1,0
с. Замишево	0,6/0,06-4,0	0,5/0,05-3,1	0,5/0,05-2,8
с. Манюки	0,5/0,06-2,2	0,4/0,05-1,7	0,3/0,04-1,5
с.п. Старобобовичское	1,0/0,8-1,2	0,8/0,6-0,9	0,7/0,6-0,8
п. Грива	1,1/0,6-1,5	0,9/0,5-1,2	0,7/0,4-1,1
п. Гришка	0,9/0,5-1,6	0,7/0,4-1,3	0,6/0,3-1,1
п. Победа	0,9/0,3-1,3	0,7/0,2-1,0	0,6/0,2-0,9
п. Прудовка	0,9/0,2-1,5	0,7/0,2-1,2	0,7/0,2-1,1
п. Ясная Поляна	0,92/0,1-1,8	0,7/0,1-1,4	0,65/0,1-1,2
с. Новые Бобовичи	1,0/0,4-2,0	0,8/0,3-1,6	0,7/0,3-1,4
с. Старые Бобовичи	0,9/0,2-2,2	0,7/0,2-1,7	0,6/0,1-1,5
с. Старый Вышков	1,4/0,3-7,6	1,1/0,2-6,0	1,0/0,2-5,3
х. Булдынка	0,9/0,4-1,8	0,7/0,3-1,4	0,6/0,3-1,2
с.п. Тростянское	0,6/0,5-0,7	0,5/0,4-0,6	0,4/0,3-0,5
д. Дубровка	0,7/0,4-1,4	0,6/0,3-1,1	0,5/0,3-1,0
д. Тростань	0,5/<1,8	0,4/<1,4	0,4/<1,2
х. Величка	0,6/0,3-1,5	0,5/0,2-1,2	0,4/0,3-1,1
с.п. Халеевское	0,7/0,6-0,9	0,6/0,5-0,7	0,5/0,4-0,6
д. Старая Рудня	0,7/0,2-1,5	0,6/0,2-1,2	0,5/0,2-1,1
д. Халевичи	0,9/0,3-1,4	0,7/0,2-1,1	0,6/0,2-1,0
п. Дедовский	0,6/0,1-1,3	0,5/0,1-1,0	0,4/0,1-0,9
п. Полек	0,8/0,2-1,7	0,6/0,2-1,3	0,5/0,1-1,2
п. Синявка	0,6/0,1-1,6	0,5/0,1-1,3	0,4/0,1-1,2
п. Ягодное	1,0/0,3-2,6	0,8/0,2-2,1	0,7/0,2-1,9
с. Внуковичи	0,7/0,2-1,9	0,6/0,2-1,5	0,5/0,2-1,3
с.п. Шеломовское	0,8/0,7-0,9	0,6/0,6-0,7	0,6/0,50-0,6
д. Журавка	0,8/0,2-1,7	0,6/0,2-1,3	0,5/0,2-1,2
с. Новое Место	0,9/0,2-2,5	0,7/0,2-2,0	0,6/0,2-1,8
с. Шеломы	0,8/<1,9	0,7/<1,5	0,6/<1,3

негативных последствий и позволяет выделить сельскохозяйственных рабочих в критическую группу — группу с наибольшим риском.

При проведении сельскохозяйственных работ в настоящее время (2025-2030 гг.) следует принять во внимание, что в начальные моменты ликвидации (снижения) последствий (1986-1988 гг.) мощности экспозиционной и эффективной дозы гамма-излучения были существенно выше по сравнению с настоящим временем не только из-за распада ^{137}Cs , но и присутствия в почве короткоживущих радионуклидов. Мы не рекомендуем и предостерегаем привлекать рабочих для реабилитации аномально загрязненных сельскохозяйственных угодий, переживших Чернобыльскую аварию в 1986-1988 гг. Это положение будет особенно актуальным для жителей Новозыбковского района, как наиболее загрязненного района Брянской области.

На первый взгляд кажется, что проблема ведения сельского хозяйства в сильно загрязненных ^{137}Cs районах Брянской области в годы, отдаленные по времени от начала Чернобыльской аварии, меньше, чем в начальные периоды. Это заключение весьма спорное. Накопленные дозы облучения за 40 лет после аварии будут негативно сказываться на здоровье людей. Это обуславливает необходимость принятия мер по снижению доз внешнего облучения сельскохозяйственных рабочих, работающих в условиях сильного загрязнения почвы земель сельскохозяйственного назначения.

Таблица 5. Мощности эффективных доз внешнего облучения от ^{137}Cs

в почве облучения (H^*) для сельскохозяйственных рабочих с аномально высокими уровнями загрязнения почвы ^{137}Cs

Table 5. Effective doses of external radiation from ^{137}Cs in soil irradiation (H^*) for agricultural workers with abnormally high levels of soil contamination ^{137}Cs

Сельские поселения и сельские населенные пункты	Мощность эффективной дозы*, мкЗв/час (H^*)		
	2014 г.	2025 г.	2030 г.
Красногорский район			
с.п. Колюдовское, с. Николаевка	0,74	0,51	0,43
с.п. Лотаковское, д. Чиграй	0,40	0,28	0,23
с.п. Макаричское, с. Зaborье	1,7	1,2	1,0
Новозыбковский район			
с.п. Деменское, п. Опытная Станция	1,3	1,0	0,92
с.п. Деменское, д. Деменка	0,32	0,25	0,23
с.п. Деменское, д. Переезд	0,22	0,18	0,16
с.п. Старобобовичское, п. Грива	0,24	0,20	0,18
с.п. Старобобовичское, с. Новые Бобовичи	0,32	0,25	0,23
с.п. Старобобовичское, с. Старый Вышков	1,2	0,94	0,83
с.п. Халеевское, п. Ягодное	0,40	0,32	0,28

*Пахотные угодья.

Таблица 6. Ориентировочно допустимое время пребывания сельскохозяйственных рабочих на полях с аномально высокими уровнями загрязнения почвы ^{137}Cs

Table 6. Estimated allowable time spent by agricultural workers in fields with abnormally high levels of soil pollution ^{137}Cs

Сельские поселения и сельские населенные пункты	Допустимое время пребывания, час/год	
	2025 г.	2030 г.
Красногорский район		
с.п. Колюдовское, с. Николаевка	не рекомендуется привлекать	
с.п. Лотаковское, д. Чиграй	700/350	1700/850
с.п. Макаричское, с. Зaborье	не рекомендуется привлекать	
Новозыбковский район		
с.п. Деменское, п. Опытная Станция	100/50	215/110
с.п. Деменское, д. Деменка	800/400	1300/650
с.п. Деменское, д. Переезд	1100/550	1900/950
с.п. Старобобовичское, п. Грива	500/250	1600/800
с.п. Старобобовичское, с. Новые Бобовичи	800/400	1300/650
с.п. Старобобовичское, с. Старый Вышков	не рекомендуется привлекать	
с.п. Халеевское, п. Ягодное	630/315	1100/550



Список источников

1. Богдевич И.М. Руководство по ведению агропромышленного производства в условиях радиоактивного загрязнения земель Республики Беларусь на 1997-2000 гг. Минск, 1997. 76 с.
2. Агеец В.Ю. Пути снижения перехода радионуклидов в сельскохозяйственную продукцию, производимую на загрязненных радионуклидами землях Беларуси // Материалы международной научно-практической Конференции, 25-26 февраля 1999 г. Поселок Мицуринский Брянской области. М.: Информагротех, 1999. С. 14-16.
3. Прудников П.В., Ковалев Л.А., Маркина З.Н. Эффективность агрохимических мероприятий при реабилитации радиоактивно загрязненных территорий // АгроХимический вестник. 2006. № 2. С. 8-10.
4. Орлов П.М., Лунев М.И., Аканова Н.И. Динамика содержания долгоживущих радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr в различных типах почв районов Брянской и Калужской областей // XXI век: Итоги прошлого и проблемы настоящего плюс: серия экология. Пенза: Изд-во ПензГТУ, 2017. № 05 (39), № 06 (40). С. 103-110.
5. Атлас современных и прогнозных аспектов последствий аварии на Чернобыльской АЭС на пострадавших территориях России и Беларусь (АСПА Россия-Беларусь) / под ред. Ю.А. Израэля и И.М. Богдевича. Москва, Минск, Фонд «Инфосфера», НИА Природа, 2009. 140 с.
6. Данные по радиоактивному загрязнению населенных пунктов РСФСР цезием-137 и стронцием-90. М.: Гидрометиздат, 1989. 55 с.
7. Справочник по радиационной обстановке и дозам облучения населения районов Российской Федерации, подвергшихся радиоактивному загрязнению вследствие аварии на Чернобыльской АЭС / под ред. М.И. Баллонова. СПб., 1992. 140 с.
8. Данные по радиоактивному загрязнению территории населенных пунктов Российской Федерации ^{137}Cs , ^{90}Sr , $^{239+240}\text{Pu}$ / под ред. С.М. Вакуловского. Обнинск: ФГБУ «НПО «Тайфун», 2015. 225 с.
9. Моисеенко Ф.В., Шаповалов В.Ф. Итоги работы Новозыбковской Государственной сельскохозяйственной опытной станции за 2001-2006 годы // В сборнике «Повышение плодородия, продуктивности дерново-подзолистых песчаных почв и реабилитация радиоактивно загрязненных сельскохозяйственных угодий». Вып. VII. М.: Агроконсалт, 2007. С. 10-13.
10. Государственный доклад «О состоянии окружающей природной среды Российской Федерации в 1993 году». Минприроды России, 1994. С. 64-69.
11. Алексахин Р.М., Десмет Д. Итоги международного сотрудничества в решении проблем радиоэкологии и радиационной безопасности на раннем этапе аварии (1986-1995 гг.) // Тезисы докладов международной конференции «Чернобыль: опыт международного сотрудничества при ликвидации последствий аварии». Москва-Обнинск, 2011. С. 19-20.
12. Алексахин Р.М., Санжарова Н.И., Ульяненко Л.Н. и др. Рекомендации по организации земледелия на техногенно загрязненных сельскохозяйственных угодьях (загрязнение радионуклидами и тяжелыми металлами). Обнинск: ВНИИСХРАЭ, 2006. 66 с.
13. Орлов П.М., Аканова Н.И. Оценка рисков загрязнения почв по результатам радиологического мониторинга // Плодородие. 2024. № 1 (136). С. 66-70.
14. Орлов П.М., Аканова Н.И. Периоды полувыведения и миграционная способность ^{137}Cs из почв, загрязненных чернобыльскими выпадениями на территории Брянской, Калужской, Тульской и Орловской областей // Международный сельскохозяйственный журнал. 2021. № 5 (383). С. 101-104.
15. Moiseenko, F.V., Shapovalov, V.F. (2007). Itogi raboty Novozybkovskoi Gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi optychnoi stantsii za 2001-2006 gody [The results of the Novozybkovsky State Agricultural Experimental Station for 2001-2006]. V sbornike «Povyshenie plodorodiya, produktivnosti dermovo-podzolistykh pescanykh pochv i reabilitatsiya radioaktivno zagryaznennykh sel'skokhozyaistvennykh ugodii» [In the collection "Increasing fertility, productivity of podzolic sandy soils and rehabilitation of radioactively contaminated agricultural land"], issue VII. Moscow, Agrokonsalt Publ., pp. 10-13.
16. Ministry of Natural Resources and Environment of the Russian Federation (1994). Gosudarstvennyi doklad «O sostoyanii okruzhayushchei prirodnoi sredy Rossiiskoi Federatsii v 1993 godu» [The State report "On the state of the environment of the Russian Federation in 1993"], pp. 64-69.
17. Aleksakhin, R.M., Desmet, D. (2011). Itogi mezhdurochnogo sotrudnichestva v reshenii problem radioekologii i radiatsionnoi bezopasnosti na rannem ehtape avarii (1986-1995 gg.) [Results of international cooperation in solving problems of radioecology and radiation safety at the early stage of an accident (1986-1995)]. Tezisy dokladov mezhdurochnoi konferentsii «Chernobyl': opyt mezhdurochnogo sotrudnichestva pri likvidatsii posledstviy avarii» [Abstracts of the international conference "Chernobyl: experience of international cooperation in the aftermath of the accident"]. Moscow-Obninsk, pp. 19-20.
18. Aleksakhin, R.M., Sanzharskaya, N.I., Ul'yanenko, L.N. i dr. (2006). Rekomendatsii po organizatsii zemledeliya na tekhnogenno zagryaznennykh sel'skokhozyaistvennykh ugod'yakh [zagryaznenie radionuklidami i tyazhelyimi metal-lami] [Recommendations on the organization of agriculture on technogenically polluted agricultural lands (contamination with radionuclides and heavy metals)]. Obninsk, VNIISKHRAE, 66 p.
19. Orlov, P.M., Akanova, N.I. (2024). Otsenka riskov zagryazneniya pochv po rezul'tatam radiologicheskogo monitoringa [Assessment of soil pollution risks based on the results of radiological monitoring]. Plodorodie [Fertility], no. 1 (136), pp. 66-70.
20. Orlov, P.M., Akanova, N.I. (2021). Periody poluvyvedeniya i migratsionnaya sposobnost' ^{137}Cs iz pochv, zagryaznennykh chernobyl'skimi vypadeniyami na territorii Bryanskoi, Kaluzhskoi, Tul'skoi i Orlowskoi oblastei [Half-life and migration capacity of ^{137}Cs from soils contaminated by Chernobyl fallout in the Bryansk, Kaluga, Tula and Oryol regions]. Mezhdurochnyi sel'skokhozyaistvennyi zhurnal [International agricultural journal], no. 5 (383). pp. 101-104.

Информация об авторах:

- Орлов Павел Михайлович**, кандидат химических наук, старший научный сотрудник лаборатории агрохимии органических, известковых удобрений и химической мелиорации, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-2753-3371>, n_akanova@mail.ru
- Аканова Наталья Ивановна**, доктор биологических наук, профессор, заведующая лабораторией агрохимии органических, известковых удобрений и химической мелиорации, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3153-6740>, SPIN-код: 9687-0927, n_akanova@mail.ru
- Говоркова Светлана Борисовна**, кандидат сельскохозяйственных наук, заместитель директора по научно-методической работе, ORCID: <http://orcid.org/0009-0005-9664-0049>, Scopus ID: 57363406300, SPIN-код: 4301-3409, kpk@vniiia-pr.ru

Information about the authors:

- Pavel M. Orlov**, candidate of chemical sciences, senior researcher of the laboratory of agrochemistry of organic, lime fertilizers and chemical reclamation, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-2753-3371>, n_akanova@mail.ru
- Natalia I. Akanova**, doctor of biological sciences, professor, head of the laboratory of agrochemistry of organic, lime fertilizers and chemical reclamation, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3153-6740>, SPIN-code: 9687-0927, n_akanova@mail.ru
- Svetlana B. Govorkova**, candidate of agricultural sciences, deputy director for scientific and methodological work, ORCID: <http://orcid.org/0009-0005-9664-0049>, Scopus ID: 57363406300, SPIN-code: 4301-3409, kpk@vniiia-pr.ru

