

Радиоэкологическая оценка сельскохозяйственных земель и продукции юго-западных районов Брянской области, загрязненных радионуклидами в результате аварии на Чернобыльской АЭС

А.В. Панов¹, П.В. Прудников², И.Е. Титов¹, В.В. Кречетников¹, А.Н. Ратников¹, О.А. Шубина¹

¹Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии, Минобрнауки России, Обнинск, Россия

²Центр химизации и сельскохозяйственной радиологии «Брянский», Брянская область, п. Мичуринский, Россия

Целью настоящей работы являлся анализ современной радиоэкологической обстановки в сельском хозяйстве пяти юго-западных районов Брянской области, подвергшихся наибольшему радиационному воздействию от аварии на Чернобыльской АЭС. В настоящее время на территории исследуемых районов функционирует 135 агропредприятий, общая площадь сельскохозяйственных угодий в которых составляет 266,2 тыс. га. По состоянию на 2018 г. площадь сельскохозяйственных угодий с плотностью загрязнения ¹³⁷Cs выше 37 кБк/м² составила 244,8 тыс. га. Площадь пашни, сенокосов и пастбищ, находящихся в зоне с плотностью загрязнения 37–185 кБк/м², включает 135,1 тыс. га, 185–555 кБк/м² – 88,3 тыс. га, 555–1480 кБк/м² – 19,8 тыс. га. В настоящее время лишь на 21,4 тыс. га (8% сельскохозяйственных угодий рассматриваемых районов) уровни загрязнения ¹³⁷Cs не превышают 37 кБк/м², и их можно отнести к категории «чистых». Анализ данных радиационного контроля сельскохозяйственной продукции из хозяйств юго-западных районов Брянской области показал, что доля кормов и продукции растениеводства с превышением нормативов в 2017–2018 гг. варьирует от 4 до 15%. Повышенное содержание ¹³⁷Cs в кормах ряда агропредприятий определяет превышение санитарно-гигиенических нормативов в продукции животноводства из этих хозяйств – молоко в 4–8% проб, говядина в 5–8% проб. Выделены хозяйства, расположенные в Красногорском и Новозыбковском районах Брянской области, где существует высокий риск превышения допустимых уровней по содержанию радионуклидов в производимой сельскохозяйственной продукции. Показаны требуемые объемы реабилитационных мероприятий в растениеводстве и животноводстве юго-западных районов Брянской области. Суммарная площадь сельскохозяйственных угодий, на которых сохраняется потребность в проведении коренного улучшения и внесении повышенных доз агроулучшителей для производства соответствующей нормативам продукции растениеводства и кормопроизводства, составляет 75 тыс. га. С целью производства соответствующей санитарно-гигиеническим нормативам продукции животноводства необходимо применение ферроцинсодержащих препаратов в объемах 10,5 т/год. Для наиболее радиоактивно загрязненных сельских территорий показана необходимость разработки индивидуальных программ применения реабилитационных технологий, обеспечивающих безопасность проживания населения и ведения им хозяйственной деятельности.

Ключевые слова: авария на Чернобыльской АЭС, радиоактивное загрязнение, ¹³⁷Cs, сельскохозяйственные угодья, сельскохозяйственная продукция, радиоэкологический мониторинг.

Введение

В результате аварии на Чернобыльской АЭС радиационному воздействию подверглись обширные территории, на которых активно велось сельскохозяйственное производство. В Российской Федерации радиоактивные выпадения, обусловленные аварией на ЧАЭС, были зарегистрированы на территории 21 субъекта. В зону радиоактивного загрязнения попало более 2,3 млн га сельскохозяйственных земель. Наиболее высокие уровни загрязнения ¹³⁷Cs зарегистрированы в юго-западных районах Брянской области (Гордеевский, Злынковский,

Клинцовский, Красногорский и Новозыбковский районы). Особенности аварийной ситуации на ЧАЭС и погодные условия в период выпадений радионуклидов привели к неравномерности загрязнения территории, в том числе сельскохозяйственных угодий. В связи с этим была предложена зональная система ведения агропромышленного производства. Было выделено четыре зоны по плотности загрязнения ¹³⁷Cs: 37–185 (1–5), 185–555 (5–15), 555–1480 (15–40) и более 1480 (40) кБк/м² (Ки/км²). В юго-западных районах Брянской области доля земель с плотностью загрязнения 37–185 кБк/м² составляла 79,2%, 185–555 кБк/м² – 15,8%, 555–1480 кБк/м² – 4,3% [1].

Панов Алексей Валерьевич

Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии

Адрес для переписки: 249032, Калужская обл., г. Обнинск, Киевское шоссе, 109 км; E-mail: riar@mail.ru

Площадь сельскохозяйственных угодий с плотностью загрязнения ^{137}Cs свыше 1480 кБк/м² составила 17,1 тыс. га, из них сенокосов и пастбищ – 9,8 тыс. га и пахотных земель – 7,3 тыс. га. Эти территории были выведены из землепользования и переведены в земли запаса [2].

За прошедшие 32 года после аварии на ЧАЭС за счет радиоактивного распада плотности загрязнения ^{137}Cs и ^{90}Sr земель уменьшились более чем 2 раза, произошли автореабилитационные процессы (фиксация радионуклидов почвой, их перераспределение в корнеобитаемом слое почв). Значительную роль в улучшении радиационной обстановки сыграли проведенные защитные и реабилитационные мероприятия [3]. После аварии на ЧАЭС выполнен большой объем научных исследований, разработаны концепции радиационной защиты населения и окружающей среды, усовершенствованы системы радиационного контроля и мониторинга, разработаны и внедрены в практику технологии реабилитации радиоактивно загрязненных территорий [4].

Масштабное применение реабилитационных мероприятий, а также снижение уровней загрязнения в результате радиоактивного распада основного дозообразующего радионуклида ^{137}Cs привели к существенному улучшению радиационной обстановки на территориях, пострадавших от аварии на ЧАЭС. На настоящем этапе после аварии основной задачей является возвращение территорий и населения к условиям нормальной жизнедеятельности. Для населенных сельских территорий эта задача является наиболее сложной, так как, кроме решения радиологических вопросов, она требует и решения социально-экономических и демографических проблем [5]. Основными критериями возможности использования таких территорий для ведения хозяйственной деятельности являются: дозовые нагрузки на население, плотность загрязнения ^{137}Cs территории населенных пунктов, сельскохозяйственных угодий и лесов, а также возможность получения пищевой продукции, соответствующей санитарно-гигиеническим требованиям [6–8]. На всех этапах ликвидации последствий аварии на ЧАЭС реабилитация агроферы являлась одним из ведущих направлений по возвращению пострадавших территорий к условиям нормальной жизнедеятельности, поскольку потребление населением радиоактивно загрязненных сельскохозяйственных продуктов питания – это важный фактор формирования дозы внутреннего облучения человека [4].

Цель исследования – анализ современной радиологической обстановки в сельском хозяйстве юго-западных районов Брянской области.

Задачи исследования

В число задач исследования входили:

- обобщение результатов последнего тура радиационного обследования земель сельскохозяйственного назначения юго-западных районов Брянской области;
- оценка уровней загрязнения радионуклидами продукции растениеводства и животноводства, производящейся в юго-западных районах Брянской области;
- выделение критических хозяйств юго-западных районов Брянской области, где возможно превышение нормативов по содержанию радионуклидов в производимой сельскохозяйственной продукции.

Материалы и методы

Для оценки современной радиологической обстановки в пяти юго-западных районах Брянской области проведен сбор, обобщение и анализ данных по плотности загрязнения ^{137}Cs сельскохозяйственных угодий (пашни, сенокосов и пастбищ), продукции растениеводства, включая основные компоненты рациона продуктивных животных, а также продукции животноводства (молока и говядины), производящихся в хозяйствах этих районов. Для этого использовалась информация, полученная от Центра химизации и сельскохозяйственной радиологии «Брянский» и ветеринарных радиологических лабораторий Россельхознадзора, осуществляющих плановый мониторинг сельскохозяйственной продукции в Гордеевском, Злынковском, Клинцовском, Красногорском и Новозыбковском районах Брянской области. При оценке плотности загрязнения ^{137}Cs сельскохозяйственных угодий глубина отбора проб почвы на пашне составляет 20 см, а на лугопастбищных угодьях – 10 см.

В настоящее время на территории 5 наиболее радиоактивно загрязненных районов Брянской области функционирует 135 коллективных сельскохозяйственных предприятия (КСХП) различных форм собственности, общая площадь сельскохозяйственных угодий в которых составляет около 266 тыс. га. По сравнению с 2014 г. [9] количество сельскохозяйственных предприятий увеличилось на 57%, однако это в основном обусловлено перераспределением прав собственности на земельные участки, поскольку площадь вновь введенных за последние 5 лет в оборот сельскохозяйственных земель в среднем по рассматриваемым районам возросла значительно (табл. 1).

В настоящее время в исследуемых районах животноводство ведется на 58 сельскохозяйственных предприятиях (43% от всего числа хозяйств). Общая численность крупного рогатого скота (КРС) на откорме и нагуле в этих хозяйствах составляет 13,5 тыс. голов, причем наибольшее поголовье отмечено в Клинцовском районе (5,5 тыс. голов), а наименьшее – в Злынковском районе (0,7 тыс. голов).

Более чем через 30 лет после аварии на ЧАЭС радиационная ситуация на загрязненных территориях существенно улучшилась. В период 2015–2018 гг. ФГБУ «Брянскагрохимрадиология» провело шестой тур радиологического обследования юго-западных районов Брянской области, который позволил оценить современную радиологическую обстановку на сельскохозяйственных угодьях (табл. 2).

Результаты и обсуждение

Для абсолютного большинства территорий Российской Федерации, подвергшихся радиоактивному загрязнению вследствие аварии на ЧАЭС, основным дозообразующим радионуклидом являлся ^{137}Cs . Вклад ^{90}Sr в дозовую нагрузку на человека в большинстве пострадавших районов не учитывался, поскольку соотношение между активностью этих радионуклидов в почве не превышало 0,02, достигая лишь в отдельных районах 0,1. Максимальные уровни загрязнения территории России ^{90}Sr чернобыльского происхождения находятся в запад-

Таблица 1

Характеристика сельскохозяйственных угодий юго-западных районов Брянской области, наиболее загрязненных ¹³⁷Cs вследствие аварии на ЧАЭС

[Table 1

Characteristics of agricultural lands of the south-west districts of the Bryansk region, the most contaminated by ¹³⁷Cs after the Chernobyl accident]

Район [District]	Количество КСХП [Number of collective farms]		Площадь сельскохозяйственных угодий, тыс. га [Area of agricultural lands, thousands hectares]					
			Всего [Total]		Пашня [Arable land]		Сенокосы и пастбища [Hayfields and pastures]	
	2014 г.	2018 г.	2014 г.	2018 г.	2014 г.	2018 г.	2014 г.	2018 г.
Гордеевский [Gordeevsky]	14	23	54,7	54,8	31,6	32,3	23,1	22,2
Злынковский [Zlynkovsky]	11	22	35,0	32,3	26,4	24,8	8,6	7,1
Клинцовский [Klinzovsky]	23	45	60,7	61,3	42,0	41,6	18,7	18,8
Красногорский [Krasnogorsky]	20	21	59,5	57,2	36,3	37,9	23,2	18,9
Новозыбковский [Novozybkovsky]	18	24	52,2	60,6	35,9	40,5	16,3	19,5
Всего [Total]	86	135	262,1	266,2	172,2	177,1	89,9	86,5

Таблица 2

Распределение сельскохозяйственных угодий юго-западных районов Брянской области по плотности загрязнения ¹³⁷Cs, кБк/м² (данные ФГБУ «Брянскагрохимрадиология»)

[Table 2

Classification of agricultural lands of collective farms of south-west districts of Bryansk region by ¹³⁷Cs soil surface activity, kBq/m² (the data of radioecological monitoring of "Bryansk agrochemradiology" in 2015–2018)]

Плотность загрязнения ¹³⁷ Cs, кБк/м ² [¹³⁷ Cs soil surface activity, kBq/m ²]	Сельхозугодий всего [Agricultural lands, Total]		В том числе [Including]							
			Пашня [Arable land]		Сенокос [Hay fields]		Пастбище [Pastures]		Сад [Gardens]	
	га [ha]	%	га [ha]	%	га [ha]	%	га [ha]	%	га [ha]	%
<i>Гордеевский район, 2016 г. [Gordeevsky district, 2016]</i>										
До 37 [below 37]	1059	1,9	931	3,2	47	0,4	81	0,7	–	–
37–185	25622	47,0	18776	58,0	3117	29,3	3702	32,0	27	10,8
185–555	24940	45,3	12433	38,2	5706	53,6	6594	56,9	207	82,8
555–1480	2917	5,3	182	0,6	1708	16,0	1011	8,7	16	6,4
Свыше 1480 [above 1480]	269	0,5	–	–	71	0,7	198	1,7	–	–
Всего: [Total:]	54807	100	32322	100	10649	100	11586	100	250	100
Средневзвешенное, кБк/м ² [¹³⁷ Cs average, kBq/m ²]	255		184		359		348		319	
МЭД ГИ,* мкЗв/час [ADER, μSv/h]	0,23		0,21		0,29		0,28		0,27	
<i>Злынковский район, 2017 г. [Zlynkovsky district, 2017]</i>										
До 37 [below 37]	3965	12,2	3441	13,8	151	5,2	333	7,9	40	12,9

Research articles

Продолжение таблицы 2

Плотность загрязнения ¹³⁷ Cs, кБк/м ² [¹³⁷ Cs soil surface activity, kBq/m ²]	Сельхозугодий всего [Agricultural lands, Total]		В том числе [Including]							
			Пашня [Arable land]		Сенокос [Hay fields]		Пастбище [Pastures]		Сад [Gardens]	
	га [ha]	%	га [ha]	%	га [ha]	%	га [ha]	%	га [ha]	%
37–185	16071	49,7	13560	54,5	1108	38,1	1397	33	6	1,9
185–555	9591	29,7	6118	24,6	1167	40,0	2093	49,5	213	68,7
555–1480	2434	7,5	1560	6,3	433	14,9	390	9,2	51	16,5
Свыше 1480 [above 1480]	282	0,9	215	0,8	52	1,8	15	0,4	–	–
Всего: [Summary:]	32343	100	24894	100	2911	100	4228	100	310	100
Средневзвешенное, кБк/м ² [¹³⁷ Cs average, kBq/m ²]	223		201		374		241		339	
МЭД ГИ, мкЗв/час [ADER, μSv/h]	0,21		0,20		0,23		0,24		0,26	
<i>Клинцовский район, 2017 г. [Klinzovsky district, 2017]</i>										
До 37 [below 37]	12159	19,8	8770	21,1	1096	14,9	2239	19,5	54	6,3
37–185	33963	55,4	26670	64,1	2246	30,5	4583	39,8	464	53,6
185–555	13388	21,8	6131	14,7	3165	43,0	3779	32,8	313	36,2
555–1480	1549	2,5	32	0,1	833	11,3	650	5,6	34	3,9
Свыше 1480 [above 1480]	282	0,5	–	–	17	0,3	265	2,3	–	–
Всего: [Total:]	61341	100	41603	100	7357	100	11516	100	865	100
Средневзвешенное, кБк/м ² [¹³⁷ Cs average, kBq/m ²]	152		106		272		239		195	
МЭД ГИ, мкЗв/час [ADER, μSv/h]	0,17		0,15		0,19		0,20		0,20	
<i>Красногорский район, 2015 г. [Krasnogorsky district, 2015]</i>										
До 37 [below 37]	4198	7,3	3456	9,1	296	3,7	446	4,1	–	–
37–185	36288	63,5	25857	68,1	4717	59,1	5522	50,5	192	57
185–555	12608	22	7166	18,9	1887	23,7	3464	31,7	91	27
555–1480	3909	6,8	1464	3,9	1075	13,5	1316	12	54	16
Свыше 1480 [above 1480]	177	0,3	–	–	–	–	177	1,6	–	–
Всего: [Summary:]	57180	100	37943	100	7975	100	10925	100	337	100
Средневзвешенное, кБк/м ² [¹³⁷ Cs average, kBq/m ²]	213		159		325		316		336	
МЭД ГИ, мкЗв/час [ADER, μSv/h]	0,21		0,20		0,25		0,26		0,22	
<i>Новozybkovский район, 2018 г. [Novozybkovsky district, 2018]</i>										
До 37 [below 37]	62	0,1	44	0,2	–	–	18	0,1	–	–
37–185	23179	38,2	20726	51,1	846	9,7	1483	13,7	124	22,9
185–555	27744	45,8	17419	43	4525	51,6	5461	50,5	339	62,5

Плотность загрязнения ¹³⁷ Cs, кБк/м ² [¹³⁷ Cs soil surface activity, kBq/m ²]	Сельхозугодий всего [Agricultural lands, Total]		В том числе [Including]							
			Пашня [Arable land]		Сенокос [Hay fields]		Пастбище [Pastures]		Сад [Gardens]	
	га [ha]	%	га [ha]	%	га [ha]	%	га [ha]	%	га [ha]	%
555–1480	9027	14,9	2339	5,8	2965	34	3644	33,7	79	14,6
Свыше 1480 [above 1480]	604	1,0	–	–	388	4,4	216	1,9	–	–
Всего: [Total:]	60616	100	40528	100	8724	100	10822	100	542	100
Средневзвешенное, кБк/м ² [¹³⁷ Cs average, kBq/m ²]		388		296		580		570		445
МЭД ГИ, мкЗв/час [ADER, μSv/h]		0,26		0,25		0,32		0,33		0,33

* МЭД ГИ – мощность амбиентного эквивалента дозы
* [ADER – ambient dose equivalent rate].

ной части Брянской области и составляют в настоящее время менее 20 кБк/м² [1]. ⁹⁰Sr как тугоплавкий изотоп выпал, в основном, в ближней зоне ЧАЭС и представлял опасность для ряда районов Беларуси и Украины. Хотя коэффициенты перехода ⁹⁰Sr из всех типов почв в растениеводческую продукцию выше, чем ¹³⁷Cs, поступление из рациона животных в животноводческую продукцию для ⁹⁰Sr ниже, чем для ¹³⁷Cs (для молока в 5–10 раз, а для мяса приблизительно в 100 раз) [10]. Поэтому система защитных и реабилитационных мероприятий в агропромышленном комплексе планировалась, исходя из плотности загрязнения почв ¹³⁷Cs. Радиационный контроль за качеством продукции по содержанию ⁹⁰Sr проводился НИИРГ в рамках федеральных целевых программ и показал отсутствие превышения допустимых уровней уже в первые годы после аварии. Поэтому полагалось, что все мероприятия, направленные на снижение загрязнения территории ¹³⁷Cs, одновременно будут улучшать радиационную обстановку в регионе и в отношении ⁹⁰Sr.

По состоянию на 2018 г. площадь сельскохозяйственных угодий юго-западных районов Брянской об-

ласти с плотностью загрязнения ¹³⁷Cs свыше 37 кБк/м² включала 244,8 тыс. га. Площадь угодий, находящихся в зоне с плотностью загрязнения 37–185 кБк/м², составляет 135,1 тыс. га, 185–555 кБк/м² – 88,3 тыс. га, 555–1480 кБк/м² – 19,8 тыс. га. Из 266,2 тыс. га сельскохозяйственных угодий рассматриваемых районов в настоящее время лишь на 21,4 тыс. га (8%) уровни загрязнения ¹³⁷Cs не превышают 37 кБк/м², и их можно отнести к категории «чистых» (см. табл. 2). Анализ данных по средневзвешенной плотности загрязнения ¹³⁷Cs сельскохозяйственных угодий показывает, что наиболее высокие значения этого показателя характерны для Новозыбковского района (388 кБк/м²) и в особенности для лугопастбищных угодий (521 кБк/м²). В то же время максимальные уровни загрязнения ¹³⁷Cs отмечены на отдельных участках Злынковского района, где они достигают уровня 2638 кБк/м² (табл. 3).

Анализ данных последнего тура радиологического обследования также показал, что средневзвешенная плотность загрязнения ¹³⁷Cs сельскохозяйственных земель в юго-западных районах Брянской области уменьшилась с

Таблица 3
Поверхностная плотность загрязнения ¹³⁷Cs сельскохозяйственных угодий хозяйств юго-западных районов Брянской области, кБк/м² (данные VI тура обследования ФГБУ «Брянскагрохимрадиология» в 2015–2018 гг.)

[Table 3
¹³⁷Cs soil surface activity of agricultural lands of collective farms of south-west districts of Bryansk region, kBq/m² (the data of radioecological monitoring of “Bryansk agrochemradiology” in 2015–2018)]

Район [District]	Всего [Total]			Пашня [Arable land]			Сенокосы и пастбища [Hay fields and pastures]		
	Среднее [aver.]	Мин. [min.]	Макс. [max.]	Среднее [aver.]	Мин. [min.]	Макс. [max.]	Среднее [aver.]	Мин. [min.]	Макс. [max.]
Гордеевский [Gordeevsky]	255	15	2375	184	15	817	353	17	2375
Злынковский [Zlynkovsky]	223	7	2638	201	7	2638	293	15	2638
Клинцовский [Klinzovsky]	152	4	2031	106	4	699	241	4	2031

Район [District]	Всего [Total]			Пашня [Arable land]			Сенокосы и пастбища [Hay fields and pastures]		
	Среднее [aver.]	Мин. [min.]	Макс. [max.]	Среднее [aver.]	Мин. [min.]	Макс. [max.]	Среднее [aver.]	Мин. [min.]	Макс. [max.]
Красногорский [Krasnogorsky]	213	5	2532	159	5	1257	300	19	2532
Новозыбковский [Novozybkovsky]	388	37	1785	296	41	1285	521	37	1785

2008 г. в 1,2 раза и составляет 236 кБк/м² (в 6,4 раза выше уровня 37 кБк/м²). Средневзвешенная плотность загрязнения ¹³⁷Cs сельскохозяйственных угодий Гордеевского района с 1996 г. снизилась в 1,4 раза и находится в настоящее время на уровне 255 кБк/м², Новозыбковского района с 1993 г. – в 1,6 раза и составляет 388 кБк/м², Клинцовского района с 1988 г. – в 2,2 раза и находится на уровне 152 кБк/м², Красногорского района с 1996 г. – в 2,1 раза и составляет 213 кБк/м² и Злынковского района с 1997 г. – в 1,5 раза и находится на уровне 223 кБк/м² (рис.).

В начальный период после аварии на ЧАЭС на значительной территории Брянской области уровни радиоактивного загрязнения оказались настолько высоки, что не позволяли получать продукцию, соответствующую введенным после аварии временно допустимым уровням (ВДУ-86) содержания ¹³⁷Cs в сельскохозяйственной продукции. В Гордеевском, Новозыбковском, Красногорском, Клинцовском и Климовском районах доля зерна, молока и кормов, превышающих ВДУ-86, составляла 80% [4]. В последующие годы происходило значительное снижение содержания ¹³⁷Cs в сельскохозяйственной продукции, что было

обусловлено, с одной стороны, радиоактивным распадом, фиксацией радионуклида твердой фазой почвы, с другой стороны – применением комплекса защитных и реабилитационных мероприятий. Однако в 5 наиболее радиоактивно загрязненных юго-западных районах Брянской области до настоящего времени не удалось полностью обеспечить производство сельскохозяйственной продукции, соответствующей санитарно-гигиеническим нормативам.

ФГБУ «Брянскагрохимрадиология» и ФГБУ «Брянская межобластная ветеринарная лаборатория» проводят радиационный контроль продукции растениеводства, кормопроизводства и животноводства в коллективных хозяйствах, частном секторе, а также на рынках и предприятиях по переработке сельскохозяйственной продукции. Анализ данных радиационного контроля показывает, что содержание ¹³⁷Cs в кормах за последние годы в отдельных пробах превышало нормативы Ветеринарных правил (ВП 13.5.13/06-01) до 27 раз (табл. 4). Доля кормов и продукции растениеводства с превышением нормативов в 2017–2018 гг. варьирует от 4 до 16% (табл. 5).

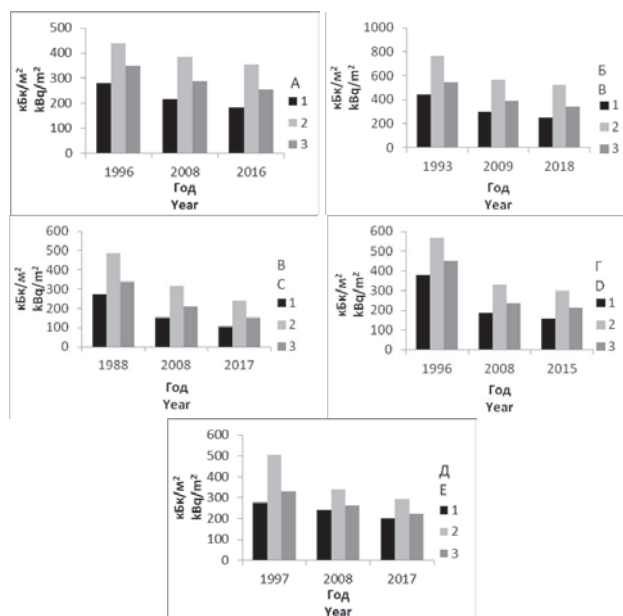


Рис. Динамика изменения средневзвешенных плотностей загрязнения ¹³⁷Cs сельскохозяйственных угодий юго-западных районов Брянской области, кБк/м² (А – Гордеевский район, Б – Новозыбковский район, В – Клинцовский район, Г – Красногорский район, Д – Злынковский район; 1 – пашня, 2 – сенокосы и пастбища, 3 – всего)

[Fig. Dynamics of average contamination density ¹³⁷Cs of agricultural lands of collective farms of the south-west districts of the Bryansk region, kBq/m²(A – Gordeevsky district, B – Novozybkovsky district, C – Klinzovskiy district, D – Krasnogorsky district, E – Zlynkovskiy district; 1 – arable land, 2 – hay fields and pastures, 3 – average)]

Таблица 4
Содержание ^{137}Cs в продукции растениеводства из хозяйств юго-западных районов Брянской области, Бк/кг
(по данным ФГБУ «Брянскагрохимрадиология»)

[Table 4
Content of ^{137}Cs in plant products from collective farms of the south-west districts of the Bryansk region, Bq/kg
(the data of "Bryansk agrochemradiology")]

Год [Year]	Зерно [Grain]			Сено [Hay]			Зеленая масса [Green mass]		
	Сред. [aver.]	Мин. [min.]	Макс. [max.]	Сред. [aver.]	Мин. [min.]	Макс. [max.]	Сред. [aver.]	Мин. [min.]	Макс. [max.]
2015	29	2	166	162	3	1502	108	2	2707
2016	28	2	105	143	2	659	67	1	1558
2017	29	2	132	133	2	625	59	2	400
2018	28	2	128	135	2	627	60	2	410
Норматив [Permissible level]	СанПиН* – 60 Бк/кг ВП – 200 Бк/кг [SanPiN – 60 Bq/kg Veterinary Rules – 200 Bq/kg]			ВП – 400 Бк/кг [Veterinary Rules – 400 Bq/kg]			ВП – 100 Бк/кг [Veterinary Rules – 100 Bq/kg]		

* СанПин 2.3.2.1078-01 с учетом изменения 18 (СанПиН 2.3.2.2650-10)

* [Sanitary norms and rules 2.3.2.1078-01 considering the adjustment 18]

Таблица 5
Доля продукции растениеводства из хозяйств юго-западных районов Брянской области, в которых зарегистрировано
превышение нормативов содержания ^{137}Cs , % (по данным ФГБУ «Брянскагрохимрадиология»)

[Table 5
Percentage of plant products with exceeded the standards of content ^{137}Cs from collective farms of south-west districts
of Bryansk region, % (the data of "Bryansk agrochemradiology")]

Год [Year]	Зерно продовольственное [Food grain]	Сено [Hay]	Сенаж [Haylage]	Зеленая масса [Green mass]
2015	5	8	7	35
2016	7	4	19	17
2017	8	4	14	16
2018	6	4	15	15

Критической экологической системой в радиоактивно загрязненных ландшафтах юго-западных районов Брянской области остаются лугопастбищные угодья на легких почвах, где наличие луговой дернины, в которой сосредоточена большая часть ^{137}Cs , обеспечивает интенсивное и длительное поступление радионуклидов в растения. Особенно высокий переход ^{137}Cs в растительность отмечен на торфяно-болотных почвах. Поэтому основную проблему в настоящее время представляет производство чистых кормов и, соответственно, продукции животноводства. Вследствие высокого содержания ^{137}Cs в кормах наблюдаются превышения санитарно-гигиенических нормативов по его содержанию (СанПин 2.3.2.1078-01, СанПин 2.3.2.2650-10) в продукции животноводства: молоко и молочная продукция в 4–8% проб, мясо и мясная продукция – в 5–8% проб.

Сравнительный анализ данных радиационного контроля за 2001 и 2005 гг. по содержанию ^{137}Cs в молоке из коллективных хозяйств пяти юго-западных районов Брянской области с аналогичными данными, полученными в 2013 и 2017 гг., показал, что в 2005 г. во всех рассматриваемых районах наблюдался некоторый рост

доли загрязненного ^{137}Cs молока (в среднем до 25%), а к 2013 г. (за исключением Гордеевского района) наблюдалось снижение этого показателя за счет более активного применения защитных и реабилитационных мероприятий в рамках выполнения федеральной целевой программы (ФЦП) по преодолению последствий радиационных аварий [11]. В среднем на всей рассматриваемой территории показатели содержания ^{137}Cs в молоке существенно не изменились, что говорит о достаточно стабильной радиоэкологической ситуации в отдаленный период после аварии (табл. 6).

Анализ данных о содержании ^{137}Cs в зерне, производящемся в хозяйствах юго-западных районов Брянской области, показал низкие уровни загрязнения данным радионуклидом этого вида продукции на всех типах почв. Содержание ^{137}Cs в зерне в среднем по районам заведомо не превышает норматив 60 Бк/кг (СанПин 2.3.2.2650-10). Однако можно выделить хозяйства, в которых в отсутствие реабилитационных мероприятий возможно превышение норматива по содержанию ^{137}Cs в зерне, выращенном на наиболее радиоактивно загрязненных участках. К таким хозяйствам относятся СПК «Кирова» и

Динамика содержания ^{137}Cs в молоке из коллективных хозяйств пяти юго-западных районов Брянской области, Бк/л

Таблица 6

[Table 6]

Dynamics of ^{137}Cs content in milk from collective farms of the south-west districts of the Bryansk region, Bq/l

Район [District]	Год [Year]			
	2001	2005	2013	2017
Гордеевский [Gordeevsky]	47	75	88	68
Злынковский [Zlynkovsky]	35	40	31	34
Клинцовский [Klinzovsky]	52	70	36	60
Красногорский [Krasnogorsky]	50	60	46	52
Новозыбковский [Novozybkovsky]	52	70	37	43
Среднее [Average]	47	63	48	52

СПК «им. 24 съезда» Красногорского района. В этих хозяйствах в отсутствие защитных и реабилитационных мероприятий можно рекомендовать производство зерна на фураж для корма скоту с более «мягким» нормативом по содержанию ^{137}Cs (200 Бк/кг).

Повышенное содержание ^{137}Cs в продукции кормопроизводства, в частности в сенаже, возможно в хозяйствах СПК «Кирова» и СПК «им. 24 съезда» Красногорского района, а также в СПК «Решительный», СПК «Красная Ипать», колхозе «Комсомолец» Новозыбковского района. Высокие уровни загрязнения ^{137}Cs сена, производимого на торфяно-болотных почвах, в настоящее время отмечаются в СПК «Кирова», СПК «Кургановская», СПК «Правда», СПК «Увелье» и СПК «им. 24 съезда» Красногорского района, а также в СПК «Коммунар», СПК «Решительный», СПК «Красная Ипать», ОХ «Волна революции», колхозе «Комсомолец» и филиале ВИУА Новозыбковского района. Загрязненность этих кормов ^{137}Cs будет обуславливать и более высокое содержание радионуклидов в продукции животноводства (молоко, говядина) в этих хозяйствах.

Высокие коэффициенты перехода радионуклидов из малоплодородных почв (характерных для рассматриваемого региона аварии) в сельскохозяйственные культуры и продукты питания, а также фактически полное прекращение проведения защитных и реабилитационных мероприятий в сельском хозяйстве обуславливают существенный вклад внутреннего облучения в суммарную дозовую нагрузку населения – 62% в Гордеевском, 63% – в Злынковском, 64% – в Клинцовском, 61% – в Красногорском и 66% – в Новозыбковском районах.

Заключение

Анализ данных радиационного контроля, с одной стороны, показал значительное улучшение радиационной обстановки в юго-западных районах Брянской области. С другой стороны, видно, что до сих пор остаются территории, где производство сельскохозяйственной продукции, соответствующей нормативам, требует проведения

комплексных реабилитационных мероприятий (применение ферроцинсодержащих препаратов для КРС, проведение коренного улучшения лугопастбищных угодий, применение повышенных доз минеральных удобрений на пашне). Суммарная площадь сельскохозяйственных угодий, на которых сохраняется потребность в проведении реабилитационных мероприятий для производства продукции растениеводства, кормопроизводства и животноводства, составляет 75 тыс. га. Для молочных коров и бычков на откорме, выпасающихся на лугопастбищных угодьях с высокими уровнями загрязнения ^{137}Cs , необходимо применение ферроцинсодержащих препаратов (радиопротекторов) в объемах 10,5 т/год. В целом, для таких сельских территорий необходимы индивидуальные программы применения реабилитационных мероприятий, обеспечивающих безопасность проживания населения и ведения им хозяйственной деятельности. Проведение контрмер должно основываться на принципе оптимизации (т.е. носить адресный характер). Внедрение защитных и реабилитационных мероприятий будет способствовать повышению конкурентоспособности производимой сельхозпродукции и, следовательно, улучшению экономического и социального положения данного региона России.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант № 18-516-00006).

Литература

1. Атлас современных и прогнозных аспектов последствий аварии на Чернобыльской АЭС на пострадавших территориях России и Беларуси (АСПА Россия-Беларусь) / под ред. Ю.А. Израэля и И.М. Богдевича. Москва-Минск: Фонд «Инфосфера» – НИА-Природа, 2009. – 140 с.
2. Радиоэкологические последствия аварии на Чернобыльской АЭС: биологические эффекты, миграция, реабилитация загрязненных территорий / Под ред. чл.-корр. РАН Н.И. Санжаровой и проф. С.В. Фесенко М.: РАН. – 2018. – 278 с.

3. Алексахин, Р.М. Концепция реабилитации загрязнённых сельскохозяйственных угодий в отдалённый период после аварии на Чернобыльской АЭС / Р.М. Алексахин, С.В. Фесенко, Н.И. Санжарова, Л.Н. Ульяненко, А.С. Филипас, А.В. Панов // Вестник РАСХН. – 2003. – №3. – С. 14–17.
4. 30 лет Чернобыльской аварии. Итоги и перспективы преодоления ее последствий в России 1986–2016. Российский национальный доклад / под общ. ред. В.А. Пучкова, Л.А. Большова. – М., 2016. – 202 с.
5. Санжарова, Н.И. Радиологические аспекты возвращения территорий Российской Федерации, пострадавших в результате аварии на Чернобыльской АЭС, к условиям нормальной жизнедеятельности / Н.И. Санжарова, С.В. Фесенко, И.К. Романович, Т.А. Марченко, А.Н. Раздайводин, А.В. Панов, О.А. Шубина, Н.Н. Исамов, П.В. Прудников, В.И. Радин, Г.Я. Брук // Радиационная биология. Радиоэкология. – 2016. – Т. 56, № 3. – С. 322-335.
6. Радиационно-гигиенические аспекты преодоления последствий аварии на Чернобыльской АЭС / под ред. академика РАН Г.Г. Онищенко и профессора А.Ю. Поповой. – СПб.: НИИРГ имени проф. П.В. Рамзаева, 2016. – Т. 1. – 448 с.
7. Романович, И.К. Обоснование концепции перехода населенных пунктов, отнесенных в результате аварии на Чернобыльской АЭС к зонам радиоактивного загрязнения, к условиям нормальной жизнедеятельности населения / И.К. Романович, Г.Я. Брук, А.Н. Барковский, А.А. Братилова, А.В. Громов, М.В. Кадука // Радиационная гигиена. – 2016. – Т. 9, № 1. – С. 6–18.
8. Брук, Г.Я. Средние годовые эффективные дозы облучения в 2017 году жителей населенных пунктов Российской Федерации, отнесенных к зонам радиоактивного загрязнения вследствие катастрофы на Чернобыльской АЭС (для целей зонирования населенных пунктов) / Г.Я. Брук, И.К. Романович, А.Б. Базюкин, А.А. Братилова, А.Ю. Власов, А.В. Громов, Т.В. Жеско, М.В. Кадука, О.С. Кравцова, К.А. Сапрыкин, В.С. Степанов, Н.В. Титов, В.А. Яковлев // Радиационная гигиена. – 2017. – Т. 10, № 4. – С. 73-78.
9. Панов, А.В. Современное состояние и прогноз загрязнения ¹³⁷Cs сельскохозяйственных угодий Брянской, Калужской, Орловской и Тульской областей, подвергшихся воздействию аварии на Чернобыльской АЭС / А.В. Панов, Н.И. Санжарова, О.А. Шубина, Е.В. Гордиенко, И.Е. Титов // Радиация и риск. – 2017. – Т. 26, № 3. – С. 66-74.
10. Сельскохозяйственная радиоэкология / под ред. Р.М. Алексахина, Н.А. Корнеева. – М.: Экология, 1992. – 400 с.
11. Панов, А.В. Радиологический контроль продукции животноводства и кормопроизводства юго-западных районов Брянской области, подвергшихся воздействию аварии на ЧАЭС / А.В. Панов, Н.Н. Исамов, Н.И. Санжарова, Ю.А. Рыбалко // Российский журнал «Проблемы ветеринарной санитарии, гигиены и экологии». – 2015, – №4(16). – С. 91–99.

Поступила: 07.11.2018 г.

Панов Алексей Валерьевич – доктор биологических наук, профессор РАН, заместитель директора Всероссийского научно-исследовательского института радиологии и агроэкологии. **Адрес для переписки:** 249032, Калужская обл., г. Обнинск, Киевское шоссе, 109 км; E-mail: riag@mail.ru

Прудников Петр Витальевич – доктор сельскохозяйственных наук, директор Центра химизации и сельскохозяйственной радиологии «Брянский», Брянская обл., Брянский р-н., п. Мичуринский, Россия

Титов Игорь Евгеньевич – научный сотрудник Всероссийского научно-исследовательского института радиологии и агроэкологии, Обнинск, Россия

Кречетников Виктор Владимирович – младший научный сотрудник Всероссийского научно-исследовательского института радиологии и агроэкологии, Обнинск, Россия

Ратников Александр Николаевич – доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник Всероссийского научно-исследовательского института радиологии и агроэкологии, Обнинск, Россия

Шубина Ольга Андреевна – кандидат биологических наук, ученый секретарь Всероссийского научно-исследовательского института радиологии и агроэкологии, Обнинск, Россия

Для цитирования: Панов А.В., Прудников П.В., Титов И.Е., Кречетников В.В., Ратников А.Н., Шубина О.А. Радиоэкологическая оценка сельскохозяйственных земель и продукции юго-западных районов Брянской области, загрязненных радионуклидами в результате аварии на Чернобыльской АЭС // Радиационная гигиена. – 2019. – Т. 12, № 1. – С. 25-35. DOI: 10.21514/1998-426X-2019-12-1 -25-35

Radioecological assessment of the agricultural lands and products in south-west districts of the Bryansk region contaminated by radionuclides as the result of the Chernobyl NPP accident

Aleksey V. Panov ¹, Petr V. Prudnikov ², Igor E. Titov ¹, Viktor V. Krechetnikov ¹, Aleksandr N. Ratnikov ¹, Olga A. Shubina ¹

¹All Russian Institute of radiology and agroecology, Obninsk, Russia

²The Center of chemistry and agricultural radiology «Bryansky», Michurinskiy village, Bryansk Region, Russia

The aim of this study was to analyze the current radioecological situation in agriculture in five south-west districts of the Bryansk region, which were exposed to the most radiation influence due to the accident at the Chernobyl NPP. Currently, there are 135 collective farms in the observed areas. The total area of agricultural lands was 266.2 thousand hectares. The area of agricultural lands with ¹³⁷Cs contamination over 37 kBq/m² was 244.8 thousand hectares in 2018. The area of arable land, hay fields and pastures located in the zone with a ¹³⁷Cs soil surface activity in a range of 37–185 kBq/m² is 135.1 thousand hectares, 185–555 kBq/m² – 88.3 thousand hectares, 555–1480 kBq/m² – 19.8 thousand hectares. At present, only 21.4 thousand hectares (8% of the agricultural lands in the considered areas) don't exceed contamination levels of ¹³⁷Cs 37 kBq/m², and they can be classified as “clean territory”. Analysis of the agricultural products radiation monitoring data from the collective farms of the south-west districts of the Bryansk region showed that the part of feed and crop products exceeded the standards varied from 4 to 15% in 2017–2018. The high content of ¹³⁷Cs in the feed of several collective farms determined the excess of sanitary and hygienic standards in livestock products from these farms – milk in 4–8% of total samples, beef in 5–8% of total samples. The collective farms located in Krasnogorsky and Novozybkovsky districts of the Bryansk region, with a high risk of exceeding the standards for the content of radionuclides in the agricultural products, was identified. The required volumes of rehabilitation measures in the plant growing and animal husbandry of the south-west districts of the Bryansk region was indicated. It was found that 75 thousand hectares of the total area of agricultural lands need radical improvement and the introduction of higher doses of agromeliorants to produce plant-growing and fodder products corresponding to the legislation standards. To produce milk and beef that comply with sanitary and hygienic standards for livestock products, it is necessary to use ferrocyanide treatment in volumes of 10.5 t/a. It was shown that most radioactively contaminated rural areas need individual programs for the application of rehabilitation technologies. Such programs should provide the population safety and domestic activity.

Key words: Chernobyl NPP accident, radioactive contamination, ¹³⁷Cs, farmland, agricultural products, radioecological monitoring.

References

1. Atlas of modern and forecast aspects of the accident at the Chernobyl NPP in the affected areas of Russia and Belarus (ASPA Russia-Belarus). Ed. by Yu.A. Izrael and I.M. Bogdevich. Moscow-Minsk: Found «Infosfera», NIA-Nature, 2009, 140 p. (In Russian).
2. Radioecological consequences of the accident at the Chernobyl NPP: biological effects, migration, rehabilitation of contaminated areas. Ed. by N.I. Sanzharova and S.V. Fesenko. Moscow, RAS, 2018, 278 p. (In Russian).
3. Aleksakhin R.M., Fesenko S.V., Sanzharova N.I., Ulyanenko L.N., Filipas A.S., Panov A.V. The concept of the remediation of the contaminated farm lands in the long-term period after the Chernobyl NPP accident. Vestnik RASKhN, 2003; 3: 14–17 (In Russian).
4. 30 years of the Chernobyl accident. Results and prospects for overcoming its consequences in Russia 1986–2016. Russian national report. Ed. by V.A. Puchkov and L.A. Bolshov. Moscow, 2016, 202 p. (In Russian).
5. Sanzharova N.I., Fesenko S.V., Romanovich I.K., Marchenko T.A., Razdayodin A.N., Panov A.V., Shubina O.A., Isamov N.N., Prudnikov P.V., Radin V.I., Bruk G.Ya. Radiological aspects of the restoration of the territories of the Russian Federation contaminated after the Chernobyl NPP accident to the normal life activity conditions. Radiatsionnaya biologiya. Radioekologiya = Radiation biology. Radioecology, 2016; 56: 322–335 (In Russian).
6. Radiation-hygienic aspects of overcoming the consequences of the accident at the Chernobyl NPP. Ed. by G.G. Onishchenko and A.Yu. Popova. St. Petersburg, NIIRG name of prof. P.V. Ramzaev, 2016, Vol. 1, 448 p. (In Russian).
7. Romanovich I.K., Bruk G.Ya., Barkovsky A.N., Bratilova A.A., Gromov A.V., Kaduka M.V. Substantiation of the concept of transfer to conditions of normal population activity of the settlements considered to be zones of radioactive contamination after the Chernobyl NPP accident. Radiatsionnaya gigiena = Radiation Hygiene, 2016; 9: 6–18 (In Russian).
8. Bruk G.Ya., Romanovich I.K., Bazyukin A.B., Bratilova A.A., Vlasov A.Yu., Gromov A.V., Zhesko T.V., Kaduka M.V., Kravtsova O.S., Saprykin K.A., Stepanov V.S., Titov N.V., Yakovlev V.A. The average annual effective doses for the population of the settlements of the Russian federation attributed to zones of radioactive contamination due to the Chernobyl accident (for the zonation purposes). Radiatsionnaya gigiena = Radiation Hygiene, 2017; 10: 73–78 (In Russian).

Aleksey V. Panov

All Russian Institute of radiology and agroecology

Address for correspondence: Kiev highway, 109 km, Obninsk, Kaluga Region, 249032, Russia; E-mail: riar@mail.ru

9. Panov A.V., Sanzharova N.I., Shubina O.A., Gordienko E.V., Titov I.E. Modern situation and the prognosis of the contamination by ¹³⁷Cs of the farm lands of Bryansk, Kaluga, Orel and Tula regions, affected by the Chernobyl NPP accident. Radiatsiya i risk = Radiation and risk, 2017; 26: 66-74 (In Russian).
10. Agricultural radioecology. Ed. by R.M. Aleksakhin and N.A. Korneev. Moscow, Ekologiya = Ecology, 1992, 400 p. (In Russian).
11. Panov A.V., Isamov N.N., Sanzharova N.I., Rybalko Yu.A. Radiological control of the animal breeding and forage products of the south-western districts of the Bryansk region, affected by the Chernobyl NPP accident. Rossiyskiy zhurnal «Problemy veterinarnoy sanitarii, gigieny i ekologii» = Problems of the veterinary sanitary, hygiene and ecology. 2015; 4(16); 91-99 (In Russian).

Received: November 07, 2018

For correspondence: Aleksey V. Panov – Doctor of Biological Sciences, Professor, Russian Academy of Sciences, Deputy Director of All Russian Institute of radiology and agroecology (Kiev highway, 109 km, Obninsk, Kaluga Region, 249032, Russia; E-mail: riar@mail.ru)

Petr V. Prudnikov – Doctor of Agricultural Sciences, Director of the Center of chemistry and agricultural radiology «Bryansky», Michurinskiy village, Bryansk Region, Russia

Igor E. Titov – Researcher of All Russian Institute of radiology and agroecology, Obninsk, Russia

Viktor V. Krechetnikov – Junior Researcher of All Russian Institute of radiology and agroecology, Obninsk, Russia

Aleksandr N. Ratnikov – Doctor of Agricultural Sciences, Leading Researcher of All Russian Institute of radiology and agroecology, Obninsk, Russia

Olga A. Shubina – Candidate of Biological Sciences, Scientific Secretary of All Russian Institute of radiology and agroecology, Obninsk, Russia

For citation: Panov A.V., Prudnikov P.V., Titov I.E., Krechetnikov V.V., Ratnikov A.N., Shubina O.A. Radioecological assessment of the agricultural lands and products in south-west districts of the Bryansk region contaminated by radionuclides as the result of the Chernobyl NPP accident. Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene, 2019, Vol. 12, No. 1, pp.25-35. (In Russian) DOI: 10.21514/1998-426X-2019-12-1-25-35