

УДК 631.4:502.76

# РАДИАЦИОННЫЙ МОНИТОРИНГ ПОЧВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ УГОДИЙ ПОВОЛЖЬЯ И ВОЛГО-ВЯТСКОГО РЕГИОНА

П.М. Орлов, к.х.н., М.И. Лунёв, д.б.н., ВНИИА

127550, Российская Федерация, Москва, ул. Прянишникова, 31-А

Тел. (8-495) 495-976-25-44; факс 976-37-39; E-mail [CINAO.OIT@g23.relcom.ru](mailto:CINAO.OIT@g23.relcom.ru)

Работа выполнена по госзаданию на 2018 г. №0572-2014-0010

Изучена радиационная ситуация на полях сельскохозяйственных угодий восточной периферии радиоактивного загрязнения в Поволжье и Волго-Вятском регионе спустя 30 лет после аварии на Чернобыльской АЭС. По данным локального мониторинга, среднее содержание  $^{137}\text{Cs}$  в почвах сельхозугодий Астраханской, Волгоградской, Самарской, Ульяновской, Нижегородской, Кировской областей и республик Татарстан, Марий Эл и Чувашия находится в интервале 1,5-10,4 Бк/кг. Это ниже, чем среднее содержание этого радионуклида в почвах России. На территории Пензенской, Ульяновской, Нижегородской областей и Республики Мордовия имеются радиоактивные пятна  $^{137}\text{Cs}$ . Средняя плотность загрязнения  $^{137}\text{Cs}$  на радиоактивных пятнах в Пензенской, Ульяновской областях и Республике Мордовия равна 0,44; 0,37; 0,30 Ки/км<sup>2</sup> соответственно. Это превышает аналогичный показатель для почв России (~0,1 Ки/км<sup>2</sup>), однако он ниже критерия в 1 Ки/км<sup>2</sup>, который является показателем радиоактивного загрязнения почвы  $^{137}\text{Cs}$ .

Рассчитано содержание  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в сельскохозяйственной продукции, выращенной на радиоактивных пятнах данных регионов. Оценены верхние границы и среднее содержание  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в зерне пшеницы, картофеле и сене многолетних и естественных трав. Среднее содержание  $^{137}\text{Cs}$  в сельскохозяйственной продукции находится в интервале 5-23 Бк/кг. Верхние границы не превышают нормативные уровни. В настоящее время риски получения загрязненной сельскохозяйственной продукции в Поволжье и Волго-Вятском регионе минимальны, радиационная обстановка в целом по этим регионам нормальная.

Ключевые слова: радиационный мониторинг, почвы, сельскохозяйственные растения, содержание  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в почвах и растениях, радиоактивные пятна, мощность экспозиционной дозы гамма-излучения.

DOI: 10.25680/S19948603.2018.102.10

Чернобыльская авария является крупнейшей в истории развития атомной энергетики. Загрязнены были значительные территории на Украине, в Белоруссии и России. В России существенному радиоактивному загрязнению подверглись центральные области. Радиационная ситуация в этих областях показана в работах [1, 2]. На восточной периферии радиоактивного загрязнения оказались субъекты Российской Федерации, расположенные в Поволжье и Волго-Вятском регионе. В настоящей работе приводятся результаты исследования закономерностей радиоактивного загрязнения почв в указанных регионах. В основу исследования положены результаты радиационного мониторинга почв на реперных и контрольных участках, полученные в агрохимической службе России в 2016 г. (табл. 1), и данные по радиоактивному загрязнению почв территорий населенных пунктов РФ  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  на январь 2015 г. [3].

В Астраханской, Волгоградской, Самарской, Ульяновской, Кировской областях и в Республиках Татарстан, Марий Эл, Чувашской Республике среднее значение содержания  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в почве сельхозугодий находится в пределах, соответствующих типичному содержанию названных нуклидов в почвах России (среднее значение  $^{137}\text{Cs}$  - 12 Бк/кг, верхняя граница - 26 Бк/кг, для  $^{90}\text{Sr}$  - 4,7 и 8,4 Бк/кг соответственно, данные 2016 г.).

В таблице 2 представлено содержание  $^{137}\text{Cs}$  в почве радиоактивных пятен областей Поволжья и Волго-Вятского региона. Наибольшему загрязнению подверглась Пензенская область.

**1. Мощность экспозиционной дозы гамма-излучения и содержание  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в почвах сельскохозяйственных угодий Поволжья и Волго-Вятского региона**

Субъект РФ, зона обслуживания, параметр	МЭДГ, мкр/ч	Содержание, Бк/кг	
		$^{137}\text{Cs}$	$^{90}\text{Sr}$
1	2	3	4
<b>Поволжье</b>			
<b>Астраханская область</b>			
Среднее значение	10,3	7,5	6,6
Стандартное отклонение	0,2	2,1	1,5
Стандар. отклон. среднего	0,1	0,4	0,3
Число участков	25	25	25
<b>Волгоградская область</b>			
Среднее значение	9,2	10,4	3,2
Стандартное отклонение	2,0	7,4	1,4
Стандар. отклон. среднего	0,3	1,0	0,2
Число участков	55	53	51
<b>ГЦАС «Волгоградский»</b>			
Среднее значение	6,9	8,5	4,2
Стандартное отклонение	0,7	2,2	1,1
Стандар. отклон. среднего	0,1	0,5	0,2
Число участков	21	21	21
<b>ГЦАС «Михайловская»</b>			
Среднее значение	10,9	15,6	2,0
Стандартное отклонение	1,4	9,5	0,5
Стандар. отклон. среднего	0,3	2,1	0,1
Число участков	20	20	20
<b>ГЦАС «Камышинская»</b>			
Среднее значение	10	5,6	3,2
Стандартное отклонение	0	2,6	1,3
Стандар. отклон. среднего	0	0,7	0,4
Число участков	14	12	10
<b>Пензенская область</b>			
Среднее значение	11,9	26	-
Стандартное отклонение	1,8	11	-
Стандар. отклон. среднего	0,6	3,4	-
Число участков	10	10	-

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4
<b>Самарская область</b>			
Среднее значение	11,0	8,7	3,9
Стандартное отклонение	0,9	2,1	1,4
Стандар. отклон. среднего	0,3	0,8	0,4
Число участков	10	10	10
<b>Саратовская область</b>			
Среднее значение	9,6	17,1	5,8
Стандартное отклонение	1,4	12,6	3,0
Стандар. отклон. среднего	0,2	1,9	0,5
Число участков	42	42	42
<b>ГСАС «Саратовская»</b>			
Среднее значение	10,3	10,5	9,2
Стандартное отклонение	1,1	2,0	2,8
Стандар. отклон. среднего	0,3	0,5	0,7
Число участков	14	14	14
<b>ГСАС «Балашовская»</b>			
Среднее значение	10,5	32	3,5
Стандартное отклонение	0,8	11	0,6
Стандар. отклон. среднего	0,3	3,0	0,2
Число участков	14	14	14
<b>ГСАС «Ершовская»</b>			
Среднее значение	7,9	8,6	4,8
Стандартное отклонение	0,7	0,8	0,6
Стандар. отклон. среднего	0,2	0,2	0,2
Число участков	14	14	14
<b>Республика Татарстан</b>			
Среднее значение	12,0	6,2	3,8
Стандартное отклонение	1,5	1,8	1,8
Стандар. отклон. среднего	0,4	0,4	0,4
Число участков	16	18	18
<b>Ульяновская область</b>			
Среднее значение	11,3	2,1	2,9
Стандартное отклонение	0,8	0,4	0,4
Стандар. отклон. среднего	0,2	0,1	0,1
Число участков	11	11	11
<b>Волго-Вятский регион</b>			
<b>Нижегородская область</b>			
Среднее значение	13,2	23	2,0
Стандартное отклонение	4,2	21	1,0
Стандар. отклон. среднего	2,0	9	0,5
Число участков	5	5	5
<b>Кировская область</b>			
Среднее значение	7,3	6,9	5,4
Стандартное отклонение	0,9	1,7	1,7
Стандар. отклон. среднего	0,2	0,4	0,5
Число участков	14	14	14
<b>Республика Марий Эл</b>			
Среднее значение	11,6	1,5	1,3
Стандартное отклонение	0,5	0,3	0,2
Стандар. отклон. среднего	0,2	0,1	0,1
Число участков	8	8	8
<b>Республика Мордовия</b>			
Среднее значение	12,3	25,5	15
Стандартное отклонение	0,9	12,3	5
Стандар. отклон. среднего	0,2	2,7	1,2
Число участков	21	21	21
<b>Чувашская Республика</b>			
Среднее значение	11,1	10,9	2,0
Стандартное отклонение	2,7	3,8	0,7
Стандар. отклон. среднего	0,4	0,6	0,1
Число участков	40	40	40

В Республике Мордовия на момент обследования в начале 90-х годов площадь радиоактивного загрязнения  $^{137}\text{Cs}$  почвы, превышающего 1 Ки/км<sup>2</sup> по плотности загрязнения (~120 Бк/кг), составляла 1900 км<sup>2</sup>, а в Ульяновской области - 1100 км<sup>2</sup>.

Современные данные (2016 г.) локального радиационного мониторинга почв на реперных участках указывают на низкое среднее содержание  $^{137}\text{Cs}$  в почве. По-видимому, радиоактивное пятно в Ульяновской области находится вне реперных участков. Так же возможно, что площадь радиоактивного пятна в настоящий момент меньше, чем в 1992 г.

## 2. Параметры загрязнения $^{137}\text{Cs}$ почв на радиоактивных пятнах Поволжья и Волго-Вятского региона

Субъект РФ	Площадь загрязненных сельхозугодий, км <sup>2</sup>	Средняя плотность загрязнения $^{137}\text{Cs}$ , Ки/км <sup>2</sup>	Типичный интервал, Бк/кг	Запас $^{137}\text{Cs}$ в почве сельхозугодий, Ки
Пензенская область	4130	0,44	0,31-0,57	$(1,8 \pm 0,1) \cdot 10^3$
Республика Мордовия	1900	0,30	0,11-0,49	$(0,57 \pm 0,08) \cdot 10^3$
Ульяновская область	1100	0,37	0,31-0,43	$(0,41 \pm 0,02) \cdot 10^3$
Нижегородская область	250	0,16	0,13-0,19	40 ± 3

Примечание. 1 Ки/км<sup>2</sup> ~ 120 Бк/кг.

В Нижегородской, Саратовской, Волгоградской областях имеются радиоактивные пятна небольшой площади. Среднее содержание  $^{137}\text{Cs}$  в почвах данных областей несколько выше, чем среднее по России, но находится в интервале типичного содержания названного радионуклида, характерного для почв страны в целом.

В Республиках Марий Эл, Татарстан и Чувашской Республике среднее содержание  $^{137}\text{Cs}$  в почве ниже, чем среднее содержание в почвах России. В Республике Мордовия наблюдается повышенное содержание  $^{90}\text{Sr}$  в почве по сравнению с почвами России. Среднее содержание  $^{90}\text{Sr}$  в почвах Мордовии 15 Бк/кг, верхняя граница – 20 Бк/кг (в России – 4,7 и 8,4 Бк/кг соответственно). В остальных субъектах Поволжья и Волго-Вятского региона содержание  $^{90}\text{Sr}$  в почве близко или ниже, чем в России.

На основании уровней загрязнения почвы  $^{137}\text{Cs}$  на радиоактивных пятнах и данных о коэффициентах накопления в зерне пшеницы и многолетних и естественных травах, полученных на реперных участках локального мониторинга, оценено содержание  $^{137}\text{Cs}$  в названной сельхозпродукции.

Расчеты производили по формуле:

$$Y = KX, \quad (1)$$

где Y - среднее значение удельной активности радионуклида в продукции растениеводства, Бк/кг, X - среднее значение удельной активности радионуклида в почве, Бк/кг, K - коэффициент накопления в продукции;

Расчет стандартного отклонения производится по формуле:  $\Delta Y = K\Delta_x + X\Delta_k$ , (2)

где  $\Delta Y$  - стандартное отклонение удельной активности радионуклида в продукции растениеводства, Бк/кг;  $\Delta_x$  - стандартное отклонение удельной активности почвы, Бк/кг;  $\Delta_k$  - стандартное отклонение коэффициента накопления радионуклида.

Под термином «удельная активность» понимается содержание радионуклида.

Верхнюю границу ( $Y_{\text{макс}}$ ) рассчитывают по формуле:

$$Y_{\text{макс}} = Y + \Delta Y. \quad (3)$$

Результаты расчетов представлены в таблице 3.

Концентрации радионуклидов в сельскохозяйственной продукции оказалась ниже нормативных требований СанПиН 2.3.4.1078-01. В расчетах были использованы коэффициенты накопления  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$ , характерные для почв РФ, полученные на реперных и контрольных участках локального мониторинга. На радиоактивных пятнах их средние значения ниже, а стандартные (типичные) интервалы уже. Такой консервативный подход позволяет сделать вывод, что на радиоактивных пятнах Поволжья и Волго-Вятского региона сельскохозяйственная продукция полностью удовлетворяет тре-

бованиям СанПиН 2.3.4.1078-01, касающихся радиологических показателей. Почвы сельскохозяйственных угодий, находящиеся на радиоактивных пятнах названных регионов, вышли из категории радиоактивно загрязненных почв.

В настоящее время – это почвы с повышенным содержанием  $^{137}\text{Cs}$  по сравнению с почвами России. Верхняя граница и среднее значение содержания  $^{90}\text{Sr}$  в почвах Мордовии, имеющие повышенные уровни относительно средних по стране, тем не менее значительно меньше радиационно значимого уровня загрязнения 0,3 Ки/км<sup>2</sup> (37 Бк/кг). Поэтому и в этом случае риск получения сельскохозяйственной продукции, загрязненной по  $^{90}\text{Sr}$  выше нормативных требований, минимален.

Таким образом, анализ современных уровней содержания техногенных радионуклидов в почвах сельскохозяйственных угодий показывает, что спустя 30 лет после аварии на Чернобыльской АЭС радиационная ситуация на восточной периферии радиоактивного загрязнения (Поволжье и Волго-Вятский регион) практически в норме.

#### Литература

1. Сычёв В.Г., Лунёв М.И., Орлов М.М., Белоус Н.М. Чернобыль: радиационный мониторинг сельскохозяйственных угодий и агрохимические аспекты снижения последствий радиоактивного загрязнения почв. - М.: ВНИИА, 2016. – 183 с.
2. Орлов П.М., Лунёв М.И., Сычёв В.Г. Радиационный мониторинг сельскохозяйственных угодий Российской Федерации. - М.: ВНИИА, 2015. – 175 с.
3. Данные по радиоактивному загрязнению территории населенных пунктов Российской Федерации  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{239+240}\text{Pu}$  / Под редакцией С.М. Вакуловского. - Обнинск: НПО Тайфун, 2015. - 225 с.

### 3. Содержание $^{137}\text{Cs}$ и $^{90}\text{Sr}$ в зерне пшеницы, картофеле и сене многолетних и естественных трав, выращенных на радиоактивных пятнах Поволжья и Волго-Вятского региона

Культура	Коэффициент накопления		Содержание в продукции, Бк/кг	
	среднее (К)	станд. отклон. ( $\Delta_K$ )	среднее	верхняя граница
$^{137}\text{Cs}$				
Пензенская область	0,27	0,25	14	31
Пшеница	0,44	0,59	23	38
Сено	0,31	0,31	16	37
Картофель				
Республика Мордовия	0,24	0,22	9	23
Пшеница	0,42	0,44	15	41
Сено	0,31	0,31	11	39
Картофель				
Ульяновская область	0,27	0,24	12	25
Пшеница	0,39	0,42	17	38
Сено	0,31	0,31	14	30
Картофель				
Нижегородская область	0,24	0,22	5	10
Пшеница	0,42	0,44	8	18
Сено	0,31	0,31	6	13
Картофель				
$^{90}\text{Sr}$				
Республика Мордовия	0,5	0,5	8	18
Пшеница	0,74	0,75	11	26
Сено	0,31	0,29	5	12
Картофель				

## RADIATION SOIL MONITORING THE VOLGA AND VOLGA-VYATKA REGION AGRICULTURAL LANDS

P.M. Orlov, M.I. Lunyov, Pryanishnikov Institute of Agrochemistry, Pryanishnikova ul. 31A, 127550 Moscow, Russia,  
E-mail: CINA.OIT@g23.relcom.ru

*The work was carried out according to the State task for 2018 № 0572-2014-0010*

*The radiation situation of agricultural lands on the eastern periphery of radioactive contamination in the Volga region and the Volga-Vyatka region 30 years later the Chernobyl accident was studied. In farmland soils of Astrakhan, Volgograd, Samara, Ulyanovsk, Nizhny Novgorod, and Kirov regions, Tatarstan, Mari El and Chuvashia republics the average  $^{137}\text{Cs}$  content ranges from 1.5-10.4 Bq/kg according to local monitoring data. This is lower than the average content of this radionuclide in Russian soils. In the territory of Penza, Ulyanovsk, Nizhny Novgorod regions and Republic of Mordovia there are radioactive spots with average  $^{137}\text{Cs}$  contamination density 0.44; 0.37; 0.30 Ci/km<sup>2</sup>, respectively. These values are higher than one for Russian soils in general (~ 0.1 Ci/km<sup>2</sup>), however, it is below the criteria of 1 Ci/km<sup>2</sup>, which is an indicator of radioactive soil contamination of  $^{137}\text{Cs}$ .*

*The content of  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{90}\text{Sr}$  in agricultural products grown on radioactive spots of the aforementioned regions was calculated. The upper limits and the average content of  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{90}\text{Sr}$  in wheat, potato and hay of perennial and natural grasses were estimated. The average content of  $^{137}\text{Cs}$  in agricultural production was in the range of 5-23 Bq/kg. The upper limits do not exceed the normative levels. Currently, the risks of obtaining contaminated agricultural products in the Volga and Volga-Vyatka region are minimal, the radiation situation in general for these regions is normal.*

*Key words: radiation monitoring, soils, agricultural plants, content of  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{90}\text{Sr}$  in soils and plants, radioactive spots, exposure dose of gamma radiation.*

УДК 546.74:631.95

## МОНИТОРИНГ СОДЕРЖАНИЯ НИКЕЛЯ В ПОЧВАХ РЕЖЕВСКОГО РАЙОНА СВЕРДЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ

С.В. Драчук, к.б.н., Г.Н. Телегина, В.В. Тощёв, ГЦАС «Свердловский»

В 2011 г. был проведен мониторинг валового содержания никеля в почвах сельскохозяйственного назначения Режевского района Свердловской области, где ранее осуществлялась добыча никелевых руд. Выявлено преобладание кислых почв ( $\text{pH}_{\text{KCl}} \leq 5,5$ ) над нейтральными на 83,6% обследованной территории. Установлено превышение ОДК по валовому содержанию никеля на 89,2% обследованных площадей с кислыми почвами и на 14,1% с нейтральными или близкими к нейтральным. Средневзвешенная арифметическая концентрация никеля для кислых почв составила 60,8 мг/кг, что превышает ОДК (40 мг/кг), для нейтральных – 63,3 мг/кг. Превышение ОДК по ва-