

УДК 631.438.2:502.3 (47)

ББК 40.157+40.322.7 (2)

Д 46

Орлов Павел Михайлович

Кандидат химических наук, старший научный сотрудник лаборатории сельскохозяйственной токсикологии Всероссийского научно-исследовательского института агрохимии, Москва

Гладышева Ольга Викторовна

Кандидат сельскохозяйственных наук, директор Рязанского научно-исследовательского института сельского хозяйства, Рязань, e-mail: podvyaze@bk.ru

Аканова Наталья Ивановна

Доктор биологических наук, профессор, главный научный сотрудник Всероссийского научно-исследовательского института агрохимии, Москва, e-mail: N_Akanova@mail.ru

Ашинов Юнус Нухович

Доктор биологических наук, профессор, зав. кафедрой землеустройства Майкопского государственного технологического университета, Майкоп, e-mail: unus.n@mail.ru

Динамика содержания ^{90}Sr и ^{137}Cs в почвах Центрального федерального округа в длительном последствии известкования (Рецензирована)

Аннотация. Приведены обобщенные результаты мониторинга содержания ^{90}Sr и ^{137}Cs в почвах Тульской, Орловской и Рязанской областей, оценены его средние значения и стандартные интервалы. Выявлена значительная пятнистость радиоактивного загрязнения в почвах областей. Стандартный интервал изменения содержания ^{137}Cs в почве Тульской области равен 23–221 Бк/кг (0,19–1,8 Ки/км²), в Орловской области стандартный интервал изменения содержания ^{137}Cs в почве равен 43–117 Бк/кг (0,36–0,95 Ки/км²), Рязанской области среднее содержание ^{137}Cs в почве равно 75 Бк/кг (0,61 Ки/км²), стандартный интервал изменения содержания ^{137}Cs составляет 44–106 Бк/кг (0,36–0,86 Ки/км²). Установлено, что содержание ^{90}Sr в почвах указанных областей низкое. Во всех обследованных областях риски производства сельскохозяйственной продукции, загрязненной ^{90}Sr выше норматива, практически отсутствуют. Результаты по радиоактивному загрязнению почв в населенных пунктах и данные локального радиационного мониторинга почв сельскохозяйственных угодий на реперных участках хорошо согласуются между собой и удачно дополняют друг друга.

Ключевые слова: почвы, плодородие, сельскохозяйственные угодья, радиационный мониторинг, радионуклиды ^{90}Sr и ^{137}Cs , статистические оценки, кислотность.

Orlov Pavel Mikhaylovich

Candidate of Chemistry, Senior Researcher of Laboratory of Agricultural Toxicology of the Russian Research Institute of Agrochemistry, Moscow

Gladysheva Olga Viktorovna

Candidate of Agriculture, Director of the Ryazan Research Institute of Rural Economy, Ryazan, e-mail: podvyaze@bk.ru

Akanova Natalya Ivanovna

Doctor of Biology, Professor, Chief Researcher of the Russian Research Institute of Agrochemistry, Moscow, e-mail: N_Akanova@mail.ru

Ashinov Yunus Nukhovich

Doctor of Biology, Professor, Head of Land Management Department, Maikop State University of Technology, Maikop, e-mail: unus.n@mail.ru

Dynamics of ^{90}Sr and ^{137}Cs content in the soils of the Central Federal District in a long after-effect of lime application

Abstract. The paper presents the generalized results of monitoring ^{90}Sr and ^{137}Cs content in the soils of Tula, Orel and Ryazan regions, its average values and standard intervals. There is significant spotting of radioactive contamination in soils. The standard interval of changing the ^{137}Cs content in the soil of the Tula region is equal to 23–221 Bq/kg (or 0,9 to 1,8 Ci/km²), in the Orel region, 43–117 Bq/kg (0,36–0,95 Ci/km²), and in the Ryazan region, 75 Bq/kg (0,61 Ci/km²), and the standard interval of changing the ^{137}Cs content in the soil is equal to 44–106 Bq/kg (0,36 to 0,86 Ci/km²). The ^{90}Sr content in the soils of these areas is low. In all the surveyed areas, the risks of agricultural production contaminated with ^{90}Sr above the standard are practically absent. The results on radioactive soil pollution in human settlements and the data on local radiation monitoring of agricultural land in reference areas are in good agreement and successfully complement each other.

Keywords: soil fertility, agricultural land use, radiation monitoring, radionuclides ^{90}Sr and ^{137}Cs , statistical evaluation, acidity.

В Российской Федерации загрязнение почв, обусловленное аварией на Чернобыльской АЭС, с плотностью 1 Ки/км² (37 кБк/м²) и выше (на момент обследования, 1993 г.) охватывало площадь 57680 км², что составляло 1,6% от Европейской части страны [1]. Радиоактивное загрязнение почвы было выявлено в 19 субъектах России. В данной работе рассмотрены результаты по радиоактивному загрязнению Тульской, Орловской и Рязанской областей [2, 3], были использованы также данные локального радиационного мониторинга почв сельскохозяйственных угодий на реперных участках. Сочетание и сопоставление полученных данных позволяет объективно оценить радиационную ситуацию в конкретных областях в целом и на уровне районов.

Полученные данные обследования в населенных пунктах Тульской, Орловской и Рязанской областей [2] дают возможность оценить статистические параметры уровней загрязнения ¹³⁷Cs и ⁹⁰Sr почв сельскохозяйственных угодий в области и отдельных районах.

Загрязнение почв Тульской области. В 1993 году площадь сельскохозяйственных угодий Тульской области, подвергшихся радиоактивному загрязнению от Чернобыльской аварии и имевших уровень загрязнения по ¹³⁷Cs более 1 Ки/км², составляла 779000 га, из них в зоне загрязнения 1–5 Ки/км² находилось 653000 га, 5–15 Ки/км² – 126000 га. В таблице 1 представлены результаты среднего содержания ¹³⁷Cs в почвах районов Тульской области. В среднем по области среднее содержание ¹³⁷Cs в почве составляет 122 Бк/кг (1,0 Ки/км²) при погрешности оценки, равной 23 Бк/кг, типичный (стандартный) интервал изменения содержания ¹³⁷Cs в почве – 23–221 Бк/кг (0,19–1,8 Ки/км²).

Таблица 1

Загрязнение почв, подвергшихся радиоактивному загрязнению ¹³⁷Cs от Чернобыльской аварии по районам Тульской области

Район области	Среднее	Стандартное отклонение	Стандартное отклонение среднего	Количество	
				населенных пунктов	образцов
Ки/км ² /Бк/кг					
Алексеевский	0,05/6				1
Арсеньевский	2,7/332	0,8/98	0,08/10	97	1247
Белевский	1,2/147	0,8/98	0,07/8	173	4450
Богородицкий	1,4/172	0,9/110	0,1/12	78	1139
Веневский	0,28/34	0,14/17	0,03	31	96
Воловский	0,74/91	0,33/41	0,03/4	108	993
Ефремовский	0,43/53	0,22/27	0,02/3	186	838
Каменский	0,57/70	0,61/75	0,06/7	94	532
Кимовский	0,80/97	0,53/65	0,04/5	142	707
Киреевский	1,33/160	1,05/130	0,08/10	176	2236
Куркинский	0,33/41	0,14/17	0,01/1	109	432
Ленинский	0,3/37	–	–	2	2
Одоевский	0,58/71	0,51/63	0,04/5	138	716
Плавский	3,0/370	2,1/260	0,2/25	105	1926
Суворовский	0,2/25	–	–	1	1
Теплоогаревский	0,96/118	0,59/73	0,06/7	112	1022
Узловской	1,7/210	0,9/110	0,09/11	110	1919
Чернский	1,4/170	1,0/120	0,06/8	260	3639
Щекинский	0,98/120	1,22/150	10	233	2807
Тульская область (19 районов)	1,0/122	0,80/99	0,19/23	2155	24703

Обследование почв районов показало, что в Арсеньевском (332 Бк/кг; 2,7 Ки/км²), Белевском (147 Бк/кг; 1,2 Ки/км²), Богородицком (172 Бк/кг; 1,4 Ки/км²), Киреевском (160 Бк/кг; 1,3 Ки/км²), Плавском (370 Бк/кг; 3,0 Ки/км²), Узловском (210 Бк/кг; 1,7 Ки/км²), Чернском (170 Бк/кг; 1,4 Ки/км²) районах среднее содержание ¹³⁷Cs превышает радиационно значимый уровень в 1 Ки/км². Верхняя граница стандартного (типичного) содержания ¹³⁷Cs также превышает указанный уровень в Воловском (135 Бк/кг; 1,07 Ки/км²), Каменском (145 Бк/кг; 1,18 Ки/км²), Кимовском (162 Бк/кг; 1,33 Ки/км²), Одоевском (134 Бк/кг; 1,09 Ки/км²), Тепло-

Огаревском (191 Бк/кг; 1,55 Ки/км²) и Щекинском (277 Бк/кг; 2,2 Ки/км²) районах.

Основным типом почв Тульской области являются черноземы. Уровень загрязнения ¹³⁷Cs черноземных почв, при котором имеется вероятность получения загрязненной сельскохозяйственной продукции, – более 5 Ки/км² (600 Бк/кг). Поэтому получение загрязненной сельскохозяйственной продукции на черноземах названных районов Тульской области маловероятно. В Плавском районе верхняя граница (630 Бк/кг; 5,1 Ки/км²) превышает плотность загрязнения 5 Ки/км². Вследствие чего для отдельных партий сельхозпродукции в этом районе Тульской области возможно превышение нормативов содержания ¹³⁷Cs в сельскохозяйственной продукции.

В девяти районах Тульской области определялось содержание радионуклида ⁹⁰Sr в почве. Результаты обследования представлены в таблице 2.

Таблица 2

Загрязнение почв, подвергшихся радиоактивному загрязнению ⁹⁰Sr от Чернобыльской аварии по районам Тульской области

Район области	Среднее	Стандартное отклонение	Стандартное отклонение среднего	Количество	
				населенных пунктов	образцов
Ки/км ² /Бк/кг					
Алексеевский	0,1/12			1	2
Арсеньевский	0,1/12	0,03/4	0,01/1	11	22
Белевский	0,09/11	0,05/6	0,02/2	7	14
Киреевский	0,06/7	0,01/1	0,006/7	3	6
Плавский	0,14/17	0,05/6	0,01/1	18	20
Теплоогаревский	0,1/12			1	2
Узловской (г. Узловая)	0,06/7	0,05/6	0,02/2	5	10
Чернский	0,07/9			2	3
Щекинский	0,14/17	0,02/2	0,01/1	7	12
Тульская область (9 районов)	0,10/12	0,03/4	0,01/1	64	91

Как показывают полученные данные, концентрация ⁹⁰Sr в почвах низкая: максимальные из средних значений наблюдаются в Плавском и Щекинском районах (17 Бк/кг; 0,14 Ки/км²). Верхняя граница содержания ⁹⁰Sr для Плавского района составила 23 Бк/кг (0,19 Ки/км²), для Щекинского – 19 Бк/кг (0,16 Ки/км²). Производство загрязненной сельскохозяйственной растительной продукции на черноземных почвах области возможно при содержании ⁹⁰Sr более 0,3 Ки/км², что выше норматива по СанПиН 2.3.4.1078-01. Поэтому, учитывая результаты мониторинга, можно прогнозировать, что реальные риски производства загрязненной сельскохозяйственной продукции в Плавском и Щекинском районах и Тульской области в целом на почвах, загрязненных ⁹⁰Sr, выше установленных нормативов [4]. Отношение содержания ¹³⁷Cs : ⁹⁰Sr в Плавском районе составляет 22, в Щекинском – 7. Корреляция между средними значениями концентраций ¹³⁷Cs и ⁹⁰Sr в почвах районов не наблюдается.

Загрязнение почв Орловской области. В 1993 году площадь сельскохозяйственных угодий области, подвергшихся радиоактивному загрязнению от Чернобыльской аварии и имевших уровень загрязнения по ¹³⁷Cs более 1 Ки/км², составляла 419000 га, из них в зоне загрязнения 1–5 Ки/км² находилось 396000 га, 5–15 Ки/км² – 23000 га [1, 5].

Проведенная оценка статистических параметров уровней загрязнения почв сельскохозяйственных угодий области и ее отдельных районов показала, что среднее содержание ¹³⁷Cs в почвах районов составляло 80 Бк/кг (0,65 Ки/км²) при погрешности оценки, равной 8 Бк/кг, типичный (стандартный) интервал изменения содержания ¹³⁷Cs в почве был равен 43–117 Бк/кг (0,36–0,95 Ки/км²) (табл. 3). Наблюдается значительная неравномерность загрязнения почв по районам: в Болховском районе среднее содержание ¹³⁷Cs в почве 197 Бк/кг (1,6 Ки/км²), что превышает уровень загрязнения 1 Ки/км². Верхняя граница типичного содержания ¹³⁷Cs в почве в Глазуновском (186 Бк/кг; 1,5 Ки/км²), Дмитровском (171 Бк/кг; 1,4 Ки/км²), Залогощенском (151 Бк/кг; 1,2 Ки/км²), Знаменском (150 Бк/кг; 1,2 Ки/км²), Корсаковском (123 Бк/кг; 1,0 Ки/км²), Мценском (158 Бк/кг; 1,29 Ки/км²), Свердловском (169 Бк/кг; 1,38 Ки/км²), Трос-

нянском (186 Бк/кг; 1,48 Ки/км²) и Урицком (151 Бк/кг; 1,23 Ки/км²) районах превышает радиационно значимый уровень загрязнения в 1 Ки/км². Однако основным типом почв Орловской области также являются черноземы. Уровень загрязнения ¹³⁷Cs черноземных почв, при котором возможно получение загрязненной сельскохозяйственной продукции, составляет более 5 Ки/км² (600 Бк/кг). Поэтому, учитывая данные обследования почв, получение загрязненной сельскохозяйственной продукции на черноземах Орловской области маловероятно [6].

Таблица 3

Загрязнение почв, подвергшихся радиоактивному загрязнению ¹³⁷Cs от Чернобыльской аварии по районам Орловской области

Район области	Среднее	Стандартное отклонение	Стандартное отклонение среднего	Количество	
				населенных пунктов	образцов
Ки/км ² /Бк/кг					
Болховский	1,6/197	0,9/111	0,06/7	220	2564
Верховский	0,63/77	0,16/20	0,03/4	32	330
Глазуновский	0,91/112	0,60/74	0,08/10	61	728
Дмитровский	0,91/112	0,48/59	0,04/5	118	1146
Должанский	0,1	–	–	2	10
Залогощекинский	0,67/82	0,56/69	0,07/9	72	623
Знаменский	0,65/80	0,57/70	0,06/7	93	417
Колпинский	0,33/41	0,18/22	0,05/6	15	66
Корсковский	0,74/91	0,26/32	0,04/5	50	503
Краснозернинский	0,3/37	0,11/14	0,04/5	6	31
Кромской	0,67/82	0,28/34	0,02/3	136	1261
Малоархангельский	0,65/80	0,39/48	0,05/6	72	663
Мценский	0,85/104	0,44/54	0,03/4	161	1533
Новодеревеньковский	0,61/75	0,34/42	0,09/11	14	104
Новосильский	0,60/74	0,23/28	0,03/4	56	557
Орловский	0,57/70	0,31/38	0,03/4	127	1337
Покровский	0,35/43	0,09/11	0,02/3	28	230
Свердловский	0,76/93	0,62/76	0,08/10	68	652
Сосковский	0,54/66	0,31/38	0,05/6	46	389
Троснянский	0,91/112	0,57/70	0,07/9	61	1380
Урицкий	0,84/103	0,39/48	0,05/6	50	595
Хотынский	0,32/39	0,21/26	0,08/10	7	42
Шаблынский	0,53/65	0,34/42	0,11/14	10	35
Орловская область (23 района)	0,65/80	0,30/37	0,065/8	1505	15196

В Орловской области измерение содержания ⁹⁰Sr в почве проведено в пяти районах, 21 населенном пункте, где отобрано и проанализировано 44 образца. Результаты обследования представлены в таблице 4. В Болховском районе на основе анализа 33 почвенных образцов получены данные по 16 населенным пунктам. В остальных 4 районах области образцы почв отбирались и анализировались в 1–2 населенных пунктах в количестве 1–4 образца. Для прогноза содержания ⁹⁰Sr в почвах сельскохозяйственных угодий этих данных недостаточно.

Таблица 4

Загрязнение почв, подвергшихся радиоактивному загрязнению ⁹⁰Sr от Чернобыльской аварии по районам Орловской области

Район области	Среднее	Стандартное отклонение	Стандартное отклонение среднего	Количество	
				населенных пунктов	образцов
Ки/км ² /Бк/кг					
Болховский	0,18/22	0,05/6	0,01/1	16	33
Залогощенский	0,18/22			2	4
Мценский	0,02/2			1	1
Свердловский	0,23/28			1	4
Урицкий	0,02/2			1	2
Орловская область (5 районов)	0,12/15	0,11/13	0,04/5	21	44

Результаты оценки загрязнения почв радионуклидом ^{90}Sr в Болховском районе Орловской области показали, что среднее содержание ^{90}Sr в почвах составляло 22 Бк/кг ($0,18 \text{ Ки/км}^2$), погрешность оценки среднего значения 1 Бк/кг, стандартные (типичные) интервалы изменения содержания ^{90}Sr 16–28 Бк/кг ($0,13\text{--}0,23 \text{ Ки/км}^2$). Вполне возможно, что эти данные несколько завышены, так как образцы отбирались в населенных пунктах с высоким содержанием ^{137}Cs в почве. Однако даже в этом случае прогнозируемая верхняя граница содержания ^{90}Sr в почве не превышает значения $0,3 \text{ Ки/км}^2$ (37 Бк/кг).

Производство сельскохозяйственной продукции с уровнем загрязнения по ^{90}Sr выше нормативов СанПиН 2.3.4.1078-01 на черноземных почвах возможно при уровне загрязнения почв ^{90}Sr более $0,3 \text{ Ки/км}^2$. Поэтому мы не прогнозируем производства сельскохозяйственной продукции в Болховском районе Орловской области, загрязненной ^{90}Sr выше установленных нормативов. Отношение средних значений содержания $^{137}\text{Cs} / ^{90}\text{Sr}$ в Болховском районе составляло 9.

Загрязнение почв Рязанской области. В 1993 году площадь сельскохозяйственных угодий Рязанской области, подвергшихся радиоактивному загрязнению от Чернобыльской аварии и имевших уровень загрязнения по ^{137}Cs более 1 Ки/км^2 , составляла 532000 га [1].

В таблице 5 приведены результаты среднего содержания ^{137}Cs в почвах районов Рязанской области: среднее содержание ^{137}Cs составляло 75 Бк/кг ($0,61 \text{ Ки/км}^2$) при погрешности оценки, равной 7 Бк/кг, типичный (стандартный) интервал изменения содержания ^{137}Cs равен 44–106 Бк/кг ($0,36\text{--}0,86 \text{ Ки/км}^2$).

Таблица 5

Загрязнение почв, подвергшихся радиоактивному загрязнению ^{137}Cs от Чернобыльской аварии по районам Рязанской области

Район области	Среднее	Стандартное отклонение	Стандартное отклонение среднего	Количество	
				населенных пунктов	образцов
Ки/км ² /Бк/кг					
Александров-Невский	0,54/66	0,17/21	0,03/4	33	555
г. Рязань	0,2/25				2
г. Скопин	0,9/110			2	165
Захаровский	0,55/68	0,10/12	0,05/6	4	38
Кадомский	0,24/30	0,14/17	0,04/5	11	128
Кораблинский	1,1/135	0,59/73	0,08/98	56	563
Милославский	0,99/122	0,64/78	0,10/12	44	590
Михайловский	0,77/65	0,36/44	0,05/6	54	614
Пронский	0,50/62	0,14/17	0,04/5	13	194
Пуятинский	0,43/53	0,20/25	0,05/6	14	83
Ряжский	0,95/116	0,54/66	0,08/10	48	794
Сапожковский	0,64/79	0,27/33	0,07/9	17	180
Сараевский	0,40/49	0,24/30	0,05/6	26	344
Сасовский	0,55/68	0,28/34	0,08/10	13	198
Скопинский	1,0/123	0,6/74	0,08/10	58	1023
Спасский	0,65/80	0,32/39	0,06/7	32	628
Старожиловский	0,78/96	0,31/38	0,05/6	45	632
Ухоловский	0,38/47	0,13/16	0,02/2	30	597
Чучковский	0,33/41	0,20/25	0,06/7	11	105
Шацкий	0,53/65	0,14/17	0,05/6	7	207
Шиловский	0,60/74	0,17/21	0,05/6	13	188
Рязанская область (21 район)	0,61/75	0,25/31	0,06/7	530	7828

По районам данные составляли следующие величины: в Кораблинском – 135 Бк/кг; $1,1 \text{ Ки/км}^2$, Скопинском – 123 Бк/кг и $1,0 \text{ Ки/км}^2$ соответственно, что несколько превышает или соответствует радиационно значимому уровню в 1 Ки/км^2 . В Милославском (200 Бк/кг; $1,63 \text{ Ки/км}^2$), Михайловском (138 Бк/кг; $1,13 \text{ Ки/км}^2$), Ряжском (182 Бк/кг; $1,49 \text{ Ки/км}^2$) и Старожиловском (134 Бк/кг; $1,09 \text{ Ки/км}^2$) районах верхняя граница типичного содержания ^{137}Cs

в почвах превышает плотность загрязнения в 1 Ки/км^2 . Отметим, что выявленное превышение небольшое, поэтому риски производства сельскохозяйственной продукции, загрязненной ^{137}Cs , незначительные. В пяти районах Рязанской области в почвах определялось содержание ^{90}Sr . Полученные результаты обследования, представленные в таблице 6, свидетельствуют о том, что концентрация радионуклида ^{90}Sr в почве низкая.

Таблица 6

Загрязнение почв, подвергшихся радиоактивному загрязнению ^{90}Sr от Чернобыльской аварии по районам Рязанской области

Район области	Среднее	Стандартное отклонение	Стандартное отклонение среднего	Количество	
				населенных пунктов	образцов
Ки/км ² /Бк/кг					
Милославский	0,03/3,7	0,01/1,2	0,0060/0,7	3	3
Ряжский	0,06/7,4	0,04/4,9	0,02/2,4	6	6
Сараевский	0,06/7,4			1	1
Скопинский	0,05/6,2	0,03/3,7	0,01/1,2	6	6
Старожиловский	0,075/9,2			2	2
Рязанская область 5 районов	0,06/6,8	0,02/2,0	0,01/0,9	18	18

Максимальные из средних значений отмечены в Ряжском (7,4 Бк/кг) и Старожиловском районах (9,2 Бк/кг). Можно констатировать, что риск производства сельскохозяйственной продукции, загрязненной ^{90}Sr сверх норматива СанПиН 2.3.4.1078-01, отсутствует.

В Рязанской области почвы в основном представлены черноземами и серыми лесными. Результаты локального мониторинга содержания ^{137}Cs и ^{90}Sr в почвах реперных и контрольных участков показывают, что среднее содержание ^{137}Cs в черноземной почве составляет 56 Бк/кг, типичный интервал изменения концентрации – 20–92 Бк/кг, в серой лесной почве эти величины соответственно равны 42 Бк/кг и 26–58 Бк/кг. Среднее содержание радионуклида ^{90}Sr в черноземной почве равняется 4,0 Бк/кг, типичный интервал изменения концентрации – 2,7–5,3 Бк/кг. В серой лесной почве эти величины соответственно равны 5,6 Бк/кг и 4,1–7,1 Бк/кг.

Для Рязанской области данные локального мониторинга по содержанию ^{137}Cs и ^{90}Sr в почвах сельскохозяйственных угодий хорошо согласуются с результатами наблюдений за аналогичными параметрами для населенных пунктов, близки средние значения и типичные интервалы. При этом следует учесть, что данные локального мониторинга характеризуют содержание ^{137}Cs и ^{90}Sr в почвах сельскохозяйственных угодий всей области, а данные наблюдений в населенных пунктах характеризуют радиоактивное пятно в Рязанской области. Этим объясняется повышенное среднее значение содержания ^{137}Cs в почвах для населенных пунктов. Различия в среднем содержании ^{90}Sr в почвах населенных пунктов и сельскохозяйственных угодий еще меньше, в пределах погрешности статистической оценки данных они совпадают. Отметим, что не установлено значимого загрязнения ^{90}Sr почв области вследствие Чернобыльской аварии.

В Тульской, Орловской и Рязанской областях содержание ^{137}Cs в почве сельскохозяйственных угодий загрязненных районов областей достаточно большое. Это указывает на целесообразность применения специальных агротехнических мероприятий (известкование почв, внесение повышенных доз калийных удобрений) в сельскохозяйственном производстве [7–9], что обеспечит снижение коллективных доз населения, потребляющего сельскохозяйственную продукцию, произведенную на почвах с повышенным содержанием ^{137}Cs .

Примечания:

1. О состоянии окружающей природной среды Российской Федерации в 1993 году: гос. доклад: утв. постановл. Прав. РФ от 24.01.93 г. № 53. С. 64–69. URL: <http://base.garant.ru/2174935/>
2. Данные по радиоактивному загрязнению территории населенных пунктов Российской Федерации

References:

1. On the state of the environment of the Russian Federation in 1993: a state report: approved by the resolution The Russian Federation government of 24.01.93 No. 53. P. 64–69. URL: <http://base.garant.ru/2174935/>
2. Data on the radioactive contamination of the territory of settlements of the Russian Federation ^{137}Cs , ^{90}Sr ,

- ^{137}Cs , ^{90}Sr , $^{239+240}\text{Pu}$ / под ред. С.М. Вакуловского. Обнинск: ФГБУ НПО «Тайфун», 2015. 225 с.
- $^{239+240}\text{Pu}$ / ed. by С.М. Vakulovsky. Obninsk: FGBU of the NPO "Typhoon", 2015. 225 pp.
3. 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. М.; Минск: Инфосфера – НИА – Природа, 2009. 140 с.
 3. Atlas of modern and forecast aspects of the consequences of the accident at Chernobyl nuclear power plant in the affected territories of Russia and Belarus (ASPA Russia-Belarus) / ed. by Yu.A. Israel and I.M. Bogdevich. M.; Minsk: Infosphere – NIA – Nature, 2009. 140 pp.
 4. Продовольственное сырье и пищевые продукты. Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. СанПиН 2.3.4.1078-01. М., 2007. 215 с.
 4. Food raw materials and food products. Hygienic requirements for the safety and nutritional value of food. Sanitary and epidemiological rules and regulations. SanPiN 2.3.4.1078-01. M., 2007. 215 pp.
 5. Рекомендации по организации земледелия на техногенно загрязненных сельскохозяйственных угодьях (загрязнение радионуклидами и тяжелыми металлами) / Р.М. Алексахин, Н.И. Санжарова, Л.Н. Ульяненко [и др.]. Обнинск, 2006. 66 с.
 5. Recommendations on the organization of agriculture on technogenically contaminated agricultural lands (contamination with radionuclides and heavy metals) / R.M. Aleksakhin, N.I. Sanzharova, L.N. Ulyanenko [at al.]. Obninsk, 2006. 66 pp.
 6. Юдинцева Е.В. Рекомендации. Снижение содержания радиоактивных веществ в продукции растениеводства. М.: ВО Агропромиздат, 1989. 38 с.
 6. Yuditseva E.V. Recommendations. Reduction of the content of radioactive substances in crop production. M.: VO Agropromizdat, 1989. 38 pp.
 7. Эффективность минеральных удобрений на радиоактивно загрязненных территориях / Т.Л. Жигарева, А.Н. Ратников, Г.И. Попова, Н.И. Санжарова, К.В. Петров, Н.М. Белоус // Химия в сельском хозяйстве. 1996. № 1. С. 35–37.
 7. The effectiveness of mineral fertilizers in radioactively contaminated areas / T.L. Zhigareva, A.N. Ratnikov, G.I. Popova, N.I. Sanzharova, K.V. Petrov, N.M. Belous // Chemistry in Agriculture. 1996. No. 1. P. 35–37.
 8. Данные по радиоактивному загрязнению населенных пунктов РСФСР цезием-137 и стронцием-90. М.: Гидрометиздат, 1989. 55 с.
 8. Data on radioactive contamination of settlements of the RSFSR with cesium-137 and strontium-90. M.: Gidrometizdat, 1989. 55 pp.
 9. Ашинов Ю.Н., Схашок Ф.Ю. Цезий-137 в пахотных почвах как показатель техногенного загрязнения // Труды КубГАУ. 2013. № 3. С. 137–141.
 9. Ashinov Yu.N., Skhashok F.Yu. Cesium-137 in arable soils as an indicator of technogenic pollution // Proceedings of KubSU. 2013. No. 3. P. 137–141.