DOI: 10.21870/0131-3878-2017-26-3-66-74

Современное состояние и прогноз загрязнения ^{137}Cs сельскохозяйственных угодий Брянской, Калужской, Орловской и Тульской областей, подвергшихся воздействию аварии на Чернобыльской АЭС

Панов А.В., Санжарова Н.И., Шубина О.А., Гордиенко Е.В., Титов И.Е.

ФГБНУ ВНИИ радиологии и агроэкологии, Обнинск

Представлены данные о современной радиационной обстановке на сельскохозяйственных угодьях Брянской, Калужской, Орловской и Тульской областей, пострадавших от аварии на Чернобыльской АЭС. Показано, что в настоящее время в 11 районах этих областей лишь 17% сельскохозяйственных предприятий ведут агропромышленное производство на землях с плотностью загрязнения ^{137}Cs менее 37 кБк/м² (1 Ки/км²). Наиболее высокие уровни загрязнения ^{137}Cs сельскохозяйственных угодий отмечены в юго-западных районах Брянской области (максимально до 1600 кБк/м²). Дан прогноз изменения плотности загрязнения ^{137}Cs пашни и лугопастбищных угодий районов Брянской, Калужской, Орловской и Тульской областей, пострадавших от аварии на ЧАЭС. Показано общее снижение средневзвешенной плотности загрязнения ^{137}Cs почв сельскохозяйственных угодий на 30% с 2015 по 2030 г. Отмечено, что и после 2030 г. 75% сельскохозяйственных угодий 11 районов Брянской, Калужской, Орловской и Тульской областей будут относиться к зонам радиоактивного загрязнения. Оценены периоды времени, когда произойдет снижение плотности загрязнения сельскохозяйственных земель ^{137}Cs до величины менее 37 кБк/м². Анализ прогнозных оценок показал, что плотность загрязнения ^{137}Cs сельскохозяйственных угодий в 231 рассматриваемом хозяйстве до уровня менее 37 кБк/м² снизится к 2050 г. в 42% из них, к 2100 г. – в 88% и к 2150 г. – в 99% сельскохозяйственных предприятий. Полное «очищение» сельскохозяйственных угодий до уровня менее 37 кБк/м² по ^{137}Cs произойдет в Калужской, Орловской и Тульской областях к 2090 г., а в Брянской – к 2180 г.

Ключевые слова: сельскохозяйственные угодья, авария на ЧАЭС, радиоактивное загрязнение, ^{137}Cs , пашня, лугопастбищные угодья, сельскохозяйственное производство, радиологический контроль, прогнозирование, радиоактивный распад.

Введение

Авария на Чернобыльской АЭС привела к широкомасштабному загрязнению радионуклидами (в основном ^{137}Cs) огромных территорий не только на Украине, но и в Белоруссии, а также в России. Значительную площадь на этих землях занимают сельскохозяйственные угодья. В России было загрязнено ^{137}Cs более 2 млн га земель сельскохозяйственного назначения, в Белоруссии – 1,4 млн га, на Украине – 0,9 млн га [1]. В Российской Федерации наибольшему радиоактивному загрязнению подверглись 6 юго-западных районов Брянской области, 3 южных района Калужской области и, в меньшей степени, ряд районов Орловской и Тульской областей. В Российском законодательстве при ликвидации последствий аварии на ЧАЭС был принят зональный принцип выделения радиоактивно загрязнённых территорий, включающий особенности ведения агропромышленного производства для каждой выделенной зоны загрязнения ^{137}Cs свыше 1 Ки/км² [2]. В 1987 г. площадь загрязнения ^{137}Cs сельскохозяйственных угодий с плотностью выше 37 кБк/м² (1 Ки/км²) составила: в Брянской области – 703 тыс. га; в Калужской области – 146 тыс. га; в Орловской области – 779 тыс. га; в Тульской области – 669 тыс. га [3].

Панов А.В.* – зам. директора, д.б.н., проф.; Санжарова Н.И. – директор, д.б.н., проф., чл.-корр. РАН; Шубина О.А. – вед. научн. сотр., к.б.н.; Гордиенко Е.В. – мл. научн. сотр.; Титов И.Е. – научн. сотр. ФГБНУ ВНИИРАЭ.

*Контакты: 249032, Калужская обл., Обнинск, Киевское шоссе, 109-й км. Тел.: (484) 399-69-59; e-mail: riar@mail.ru.

Плотность загрязнения сельскохозяйственных земель в Тульской и Орловской областях по ^{137}Cs не превышала 555 кБк/м^2 (15 Ки/км^2), в южных районах Калужской области этот показатель был несколько выше, а в юго-западных районах Брянской области плотность загрязнения ^{137}Cs достигала 1480 кБк/м^2 (40 Ки/км^2) и более. Сельскохозяйственные угодья на площади 17,3 тыс. га с максимальными уровнями загрязнения ^{137}Cs (более 40 Ки/км^2) были выведены из хозяйственного оборота [3].

К 2007 г., вследствие радиоактивного распада, площади загрязнённых ^{137}Cs сельскохозяйственных угодий в рассматриваемых областях сократились и составили менее 1,5 млн га [4]. На большей части из них уже достаточно длительное время производится сельскохозяйственная продукция, соответствующая радиологическим нормативам. В случаях превышения этих нормативов в продукции АПК применяется научно обоснованный комплекс защитных и реабилитационных мероприятий [5].

По прошествии более 30 лет после аварии на ЧАЭС как для науки, так и для практики важно понимать, в течение какого срока будут сохраняться последствия этой самой крупной техногенной катастрофы, т.е. когда уровни загрязнения ^{137}Cs сельскохозяйственных угодий станут ниже уровня 37 кБк/м^2 (1 Ки/км^2). В 2009 г. был выпущен Атлас современных и прогнозных аспектов последствий аварии на Чернобыльской АЭС, где представлен картографический материал о прогнозах изменения радиационной обстановки на территории России и Республики Беларусь до 2056 г. [6]. В Атласе показано, что и после этой даты загрязнение радионуклидами территории России будет сохраняться. При планировании агропромышленного производства на подвергшихся воздействию аварии на ЧАЭС территориях и оптимизации необходимых объёмов реабилитационных мероприятий используются данные радиологического обследования сельскохозяйственных угодий, которое проводится турами один раз в 4-5 лет [7]. Помимо проведения полевого обследования для оценки уровней радиоактивного загрязнения сельскохозяйственных угодий, могут быть использованы методы прогнозирования, основанные на учёте радиоактивного распада ^{137}Cs [8].

Целью настоящей работы являлся анализ современной радиационной обстановки и прогноз уровней загрязнения ^{137}Cs сельскохозяйственных угодий Брянской, Калужской, Орловской и Тульской областей, а также оценка периодов времени, когда произойдёт снижение плотности загрязнения сельскохозяйственных земель данным радионуклидом до величины менее 37 кБк/м^2 (1 Ки/км^2).

Материалы и методы

Для исследования были выбраны коллективные сельскохозяйственные предприятия (КСХП), расположенные на территории 11 районов четырёх областей России, в наибольшей степени подвергшихся радиоактивному загрязнению в результате аварии на ЧАЭС (табл. 1). В настоящее время в выделенных районах функционируют 231 КСХП различных форм собственности. Общая площадь сельскохозяйственных угодий в этих хозяйствах превышает 623 тыс. га, причём более половины из них приходится на 6 юго-западных районов Брянской области. В каждом хозяйстве в обороте, как правило, используется 2-4 тыс. га сельскохозяйственных угодий, из которых на пашню приходится 60-85%. Необходимо отметить, что в последние годы отмечается тенденция как по сокращению общего количества КСХП, так и по используемой площади сельскохозяйственных угодий, что связано со сложной экономической ситуацией в хозяйствах и низкой инвестиционной привлекательностью данного региона.

Таблица 1

Характеристика сельскохозяйственных угодий Брянской, Калужской, Орловской и Тульской областей, подвергшихся воздействию аварии на ЧАЭС

Область	Район	Число КСХП	Площадь сельскохозяйственных угодий, тыс. га		
			Всего	Пашня	Сенокосы и пастбища
Брянская	Гордеевский	14	54,7	31,6	23,1
	Злынковский	11	35,0	26,4	8,6
	Климовский	29	62,6	49,5	13,1
	Клинцовский	23	60,7	42,0	18,7
	Красногорский	20	59,5	36,3	23,2
	Новozyбковский	18	52,2	35,9	16,3
Калужская	Жиздринский	13	46,2	30,6	15,5
	Ульяновский	17	56,2	40,7	15,5
	Хвастовичский	15	53,4	35,9	17,5
Орловская	Болховский	52	58,5	49,0	9,5
Тульская	Плавский	19	83,5	70,4	13,0

Исходная информация о радиологических характеристиках сельскохозяйственных угодий исследуемых 11 районов получена в результате проведённой ФГБНУ ВНИИРАЭ совместно с Центрами химизации и сельскохозяйственной радиологии в период 2011-2015 гг. паспортизации хозяйств (табл. 2). Данная работа была выполнена в рамках реализации Федеральной целевой программы «Преодоление последствий радиационных аварий на период до 2015 года». По уровням загрязнения сельскохозяйственных угодий ^{137}Cs в отдалённый период после аварии на ЧАЭС наиболее критическими являются юго-западные районы Брянской области (за исключением Климовского). Так, например, в ряде хозяйств Красногорского района до настоящего времени максимальная плотность загрязнения ^{137}Cs как пашни, так и лугопастбищных угодий превышает 1000 кБк/м^2 (в крайних случаях более 1480 кБк/м^2 или 40 Ки/км^2).

Таблица 2

Плотность загрязнения ^{137}Cs сельскохозяйственных угодий, кБк/м^2 (данные на 2015 г.)

Район	Всего			Пашня			Сенокосы и пастбища		
	средне-взвешенная	мин.	макс.	средне-взвешенная	мин.	макс.	средне-взвешенная	мин.	макс.
Брянская область									
Гордеевский	221	85	422	182	63	340	281	104	570
Злынковский	218	22	655	193	19	581	296	37	873
Климовский	80	7	167	70	19	148	128	11	326
Клинцовский	125	15	348	96	15	222	187	19	500
Красногорский	267	37	1217	224	37	1132	349	37	1606
Новozyбковский	335	130	740	284	118	544	447	163	907
Калужская область									
Жиздринский	55	14	138	52	11	134	61	18	141
Ульяновский	83	22	163	81	25	155	84	18	174
Хвастовичский	51	11	155	47	7	141	54	11	170
Орловская область									
Болховский	70	18	145	67	18	141	86	18	159
Тульская область									
Плавский	88	18	192	87	18	192	92	22	202

С целью анализа и прогнозирования изменения радиационной обстановки на сельскохозяйственных угодьях исследуемых районов Брянской, Калужской, Орловской и Тульской областей был выполнен расчёт уровней загрязнения ^{137}Cs пашни и лугопастбищных угодий по хозяйствам и районам для периода 2015-2030 гг. и далее до снижения плотности загрязнения данным радионуклидом ниже порога в 37 кБк/м^2 (1 Ки/км^2). Для каждого рассматриваемого года оценивали уровни загрязнения сельскохозяйственных угодий с учётом распада ^{137}Cs по формуле:

$$\sigma(t) = \sigma_{t_1} \cdot \exp \left[\frac{(-0,693 \cdot \Delta t)}{T_{1/2}} \right], \text{ кБк/м}^2,$$

где σ_{t_1} – плотность загрязнения ^{137}Cs сельскохозяйственных угодий в последний год радиологического обследования, кБк/м^2 ; Δt – время, число лет, прошедших с последнего года радиологического обследования до расчётного года; $T_{1/2}$ – период полураспада ^{137}Cs , равный 30,17 года.

Результаты и обсуждение

Анализ современной радиационной обстановки в изученных хозяйствах 11 районов четырёх областей показал, что средневзвешенные уровни загрязнения ^{137}Cs сельскохозяйственных угодий в 2015 г. составляли на этих территориях около 145 кБк/м^2 (т.е. почти в 4 раза выше уровня 37 кБк/м^2) и варьировали в широких пределах от 7 до 1217 кБк/м^2 (табл. 2). Воздействию в результате аварии на ЧАЭС в наибольшей степени подверглись сельскохозяйственные угодья Новозыбковского района Брянской области, где плотность загрязнения ^{137}Cs в 2015 г. составляла в среднем 335 кБк/м^2 (9 Ки/км^2). Однако, наиболее критичные сельскохозяйственные предприятия с максимальными уровнями выпадения ^{137}Cs (до 1600 кБк/м^2) расположены в Красnogорском районе Брянской области. Средневзвешенные уровни радиоактивного загрязнения сельскохозяйственных угодий рассматриваемых районов Калужской, Орловской и Тульской областей существенно ниже по сравнению с Брянской областью и составляют по ^{137}Cs $50\text{--}90 \text{ кБк/м}^2$.

Практически во всех хозяйствах юго-западных районов Брянской области уровни загрязнения ^{137}Cs сенокосов и пастбищ выше аналогичных показателей пашни в среднем в 1,8 раза, а максимально – до 3 раз. В Калужской, Орловской и Тульской областях разница между уровнями загрязнения ^{137}Cs лугопастбищных угодий и пашни выражена не так ярко и составляет в среднем 1,2 раза. Учитывая, что до настоящего времени определённая доля продукции кормопроизводства и животноводства из хозяйств юго-западных районов Брянской области всё ещё не отвечает установленным радиологическим нормативам [9], при планировании системы реабилитационных мероприятий в АПК на этих территориях в первую очередь необходимо обращать внимание на проведение работ по коренному улучшению лугопастбищных угодий.

Из рассмотренных 115 хозяйств шести юго-западных районов Брянской области в настоящее время лишь в восьми из них (7%) уровни загрязнения ^{137}Cs сельскохозяйственных угодий не превышают 37 кБк/м^2 (1 Ки/км^2), и их можно отнести к категории «чистых» или не загрязнённых радионуклидами. В трёх южных районах Калужской области из 45 КСХП таких предприятий 17 (38%), в Болховском районе Орловской области – 11 (21%) и в Плавском районе Тульской области – 4 хозяйства (21%). Таким образом, в 11 районах четырёх областей России, в наибольшей степени подвергшихся воздействию аварии на ЧАЭС, в настоящее время лишь 17% сельскохозяйственных предприятий ведут агропромышленное производство на землях с плотностью загрязнения ^{137}Cs менее 37 кБк/м^2 .

Анализ результатов прогнозных оценок изменения радиационной обстановки на пашнях и лугопастбищных угодьях хозяйств Брянской, Калужской, Орловской и Тульской областей показал, что за ближайшие 15 лет (2015-2030 гг.) уровни загрязнения ^{137}Cs всех сельскохозяйственных угодий по исследуемым районам снизятся примерно на 30% (рис. 1).

Рис. 1. Прогноз изменения уровней радиоактивного загрязнения сельскохозяйственных угодий 11 районов четырёх областей России (1 – Брянская; 2 – Калужская; 3 – Орловская; 4 – Тульская).

Так, плотность загрязнения ^{137}Cs сельскохозяйственных угодий в юго-западных районах Брянской области в период с 2015 до 2030 гг. уменьшится в среднем с 208 до 147 кБк/м^2 , в южных районах Калужской области – с 63 до 45 кБк/м^2 (рис. 1). Схожая динамика уменьшения плотности загрязнения ^{137}Cs сельскохозяйственных угодий наблюдается и по двум другим областям.

Средневзвешенные уровни загрязнения ^{137}Cs пашни, а также сенокосов и пастбищ в юго-западных районах Брянской области снизятся за рассматриваемый 15-летний период с 175 до 124 кБк/м^2 и 281 до 199 кБк/м^2 соответственно (рис. 2 и 3). В южных районах Калужской области за 15 лет снижение плотности загрязнения ^{137}Cs пашни составит в среднем с 60 до 43 кБк/м^2 , а для сенокосов и пастбищ – с 66 до 47 кБк/м^2 .

Несмотря на продолжительный временной период оценок, следует отметить, что за 15 лет радиационная обстановка в сфере сельскохозяйственного производства исследуемых областей существенно не изменится. Так, если в настоящее время из 231 КСХП не входят в зону радиоактивного загрязнения (плотность загрязнения по ^{137}Cs менее 37 кБк/м^2) лишь 40 хозяйств (17%), то к 2030 г. доля таких сельскохозяйственных предприятий составит 26% (60 хозяйств), т.е. радиоактивное загрязнение сельскохозяйственных угодий в рассматриваемых районах четырёх областей России будет сохраняться достаточно продолжительное время. Исходя из этого, был выполнен расчёт периодов времени, в течение которых плотность загрязнения ^{137}Cs сельскохозяйственных угодий в каждом хозяйстве рассматриваемых областей снизится до уровня менее 37 кБк/м^2 (1 Ки/км^2), и проведено ранжирование КСХП по году их выхода из зон

радиоактивного загрязнения. При расчётах использовались средневзвешенные уровни загрязнения ^{137}Cs сельскохозяйственных угодий хозяйств. На основе прогнозных оценок для каждого из исследуемых районов Брянской, Калужской, Орловской и Тульской областей определён период времени, когда в наиболее «чистом» и наиболее загрязнённом ^{137}Cs агропромышленном предприятии плотность загрязнения данным радионуклидом сельскохозяйственных угодий снизится до уровня менее 37 кБк/м^2 (табл. 3).

Рис. 2. Прогноз изменения уровней радиоактивного загрязнения пашни 11 районов четырёх областей России (1 – Брянская; 2 – Калужская; 3 – Орловская; 4 – Тульская).

Рис. 3. Прогноз изменения уровней радиоактивного загрязнения сенокосов и пастбищ 11 районов четырёх областей России (1 – Брянская; 2 – Калужская; 3 – Орловская; 4 – Тульская).

Таблица 3

Год, когда плотность загрязнения ^{137}Cs сельскохозяйственных угодий в хозяйствах 11 районов Брянской, Калужской, Орловской и Тульской областей не превысит уровень 37 кБк/м² (1 Ки/км²)

Район	Всего		Пашня		Сенокосы и пастбища	
	КСХП с минимальным загрязнением	КСХП с максимальным загрязнением	КСХП с минимальным загрязнением	КСХП с максимальным загрязнением	КСХП с минимальным загрязнением	КСХП с максимальным загрязнением
Брянская область						
Гордеевский	2050	2120	2035	2110	2060	2135
Злынковский	Н.в.*	2140	Н.в.	2135	Н.в.	2150
Климовский	Н.в.	2080	Н.в.	2075	Н.в.	2110
Клинцовский	Н.в.	2110	Н.в.	2095	Н.в.	2130
Красногорский	Н.в.	2165	Н.в.	2165	Н.в.	2180
Новozyбковский	2070	2145	2065	2130	2080	2155
Калужская область						
Жиздринский	Н.в.	2070	Н.в.	2070	Н.в.	2075
Ульяновский	Н.в.	2080	Н.в.	2080	Н.в.	2080
Хвастовичский	Н.в.	2080	Н.в.	2075	Н.в.	2080
Орловская область						
Болховский	Н.в.	2075	Н.в.	2075	Н.в.	2080
Тульская область						
Плавский	Н.в.	2085	Н.в.	2085	Н.в.	2090

* Н.в. – в настоящее время.

Из данных табл. 3 видно, что в настоящее время во всех рассматриваемых районах четырёх областей за исключением Гордеевского и Новозыбковского в Брянской области есть хозяйства, которые можно отнести к категории «чистых». В Гордеевском районе лишь к 2035 г. в первом хозяйстве средневзвешенные уровни загрязнения ^{137}Cs пашни станут ниже 37 кБк/м², а в Новозыбковском районе это произойдёт ещё позже – лишь к 2065 г. Наиболее длительный период «очищения» лугопастбищных угодий будет наблюдаться в хозяйствах Новозыбковского (до 2155 г.) и Красногорского районов, где он будет максимальным (до 2180 г.). Исходя из рассчитанных уровней загрязнения ^{137}Cs сельскохозяйственных угодий 11 районов четырёх областей России с учётом распада данного радионуклида, можно говорить, что несмотря на ежегодное сокращение радиоактивно загрязнённых площадей, процесс перехода всех данных территорий к условиям, существовавшим до аварии на ЧАЭС, будет продолжаться ещё около 160 лет.

Заключение

Анализ выполненных прогнозных оценок показал, что плотность загрязнения ^{137}Cs сельскохозяйственных угодий 231 рассматриваемого хозяйства до уровня менее 37 кБк/м² снизится к 2050 г. в 42% из них, к 2100 г. – в 88% и к 2150 г. – в 99% сельскохозяйственных предприятий. В наиболее критичном Красногорском районе Брянской области снижение плотности загрязнения ^{137}Cs участков сенокосов и пастбищ до уровня менее 37 кБк/м² произойдёт лишь к 2180 г. Выполненные прогнозные оценки позволяют сформировать общую картину сохранения радиологических проблем на сельскохозяйственных угодьях Брянской, Калужской, Орловской и Тульской областей, в наибольшей степени подвергшихся воздействию аварии на Чернобыльской АЭС, что даёт возможность оптимизировать систему защитных мероприятий на данных территориях и корректировать общую стратегию их реабилитации на длительном промежутке времени.

Литература

1. **Fesenko S.V., Alexakhin R.M., Balonov M.I., Bogdevich I.M., Howard B.J., Kashparov V.A., Sanzharova N.I., Panov A.V., Voigt G., Zhuchenko Yu.M.** An extended critical review of twenty years of countermeasures used in agriculture after the Chernobyl accident //Sci.Total Environ. V. 383, N 1-3. P. 1-24.
2. Закон РФ от 15.05.1991 г. № 1244-1 (ред. от 28.12.2016 г.) «О социальной защите граждан, подвергшихся воздействию радиации вследствие катастрофы на Чернобыльской АЭС». [Электронный ресурс]. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_5323 (дата обращения 7.06.2017).
3. Загрязнение почв Брянской, Калужской, Тульской и Орловской областей. Брянск, 1993. 67 с.
4. Чернобыль: 25 лет спустя /под общей ред. С.К. Шойгу. М., 2011. 354 с.
5. Научные основы реабилитации сельскохозяйственных территорий, загрязнённых радиоактивными веществами в результате крупных радиационных аварий: Руководство /под ред. Н.И. Санжаровой. Обнинск: ГНУ ВНИИСХРАЭ, 2009. 150 с.
6. 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.
7. **Прудников П.В., Карпеченко С.В., Новиков А.А., Поликарпов Н.Г.** Агрохимическое и агроэкологическое состояние почв Брянской области. Брянск: Изд-во ГУП «Клинцовская городская типография», 2007. 608 с.
8. **Санжарова Н.И., Панов А.В., Попова Г.И., Шубина О.А., Жигарева Т.Л., Бакалова О.Н., Прудников П.В.** Методика прогнозирования уровней загрязнения почв сельскохозяйственных угодий, при которых обеспечивается получение нормативно чистых продуктов питания. Обнинск: ГНУ ВНИИСХРАЭ, 2007. 17 с.
9. **Панов А.В., Исамов Н.Н., Санжарова Н.И., Рыбалко Ю.А.** Радиологический контроль продукции животноводства и кормопроизводства юго-западных районов Брянской области, подвергшихся воздействию аварии на ЧАЭС //Проблемы ветеринарной санитарии, гигиены и экологии. 2015. № 4 (16). С. 91-99.

Contamination of agricultural lands in Bryansk, Kaluga, Orel and Tula regions with ^{137}Cs as a result of the Chernobyl accident: current status and prognosis

Panov A.V., Sanzharova N.I., Shubina O.A., Gordienko E.B., Titov I.E.

All-Russian Scientific Research Institute of Radiology and Agroecology, Obninsk

Data on the current status of agricultural lands in Bryansk, Kaluga, Orel and Tula regions contaminated with radiocesium as a result of the Chernobyl accident are presented in the article. Only 17% of agricultural companies located in 11 affected rayons of the four regions are currently engaged in agribusiness on lands with density of radiocesium contamination $<37 \text{ kBq/m}^2$ (1 Ci/m^2). The highest ^{137}Cs contamination levels are in the south-west rayons of Bryansk region, the maximum level is 1600 kBq/m^2 . The authors give estimation of future change in radiocesium contamination density in arable lands, grasslands and pasturelands in the rayons located in the affected regions. From 2015 overall reduction of weighted average density of radiocesium contamination of agricultural lands by 30% is expected to be in 2030. From 2030 75% of agricultural lands in 11 affected rayons in Bryansk, Kaluga, Orel and Tula regions will be related to zones of radioactive contamination. According to authors' estimates in 42% of 231 agricultural properties in affected rayons radiocesium contamination level below 37 kBq/m^2 is expected to 2050, in 88% of properties – to 2100 and 99% – to 2150. Complete decontamination of agricultural lands in Kaluga, Orel and Tula regions is expected to be achieved to 2090 and in Bryansk region – to 2180.

Keywords: agricultural lands, Chernobyl accident, radioactive contamination, ^{137}Cs , plough land, haylands and pastures, agricultural production, radiological control, forecasting, radioactive decay.

References

1. Fesenko S.V., Alexakhin R.M., Balonov M.I., Bogdevich I.M., Howard B.J., Kashparov V.A., Sanzharova N.I., Panov A.V., Voigt G., Zhuchenko Yu.M. An extended critical review of twenty years of countermeasures used in agriculture after the Chernobyl accident. *Sci. Total Environ.*, vol. 383, no. 1-3, pp. 1-24.
2. Federal Law of May 15, 1991 No. 1244-1 (with amendments of December 28, 2016) «On the social protection of citizens exposed to radiation as a result of the Chernobyl nuclear power plant disaster». Available at: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_5323 (Accessed 07.06.2017). (In Russian).
3. Contamination of soils of Bryansk, Kaluga, Tula and Orel regions. Bryansk, 1993. 67 p. (In Russian).
4. Chernobyl: 25 years later. Ed.: S.K. Shoigu. Moscow, 2011. 354 p. (In Russian).
5. Scientific bases of remediation of agricultural territories, contaminated with radioactive substances because of major nuclear accidents. Guideline. Ed.: N.I. Sanzharova. Obninsk, RIARAE, 2009. 150 p. (In Russian).
6. Atlas of current and future effects of the Chernobyl accident on affected parts of the Russian Federation and Belarus (ACFE Russia-Belarus). Eds.: Yu.A. Israel and I.M. Bogdevich. Moscow-Minsk, Foundation «Infosfera» – NIA Priroda, 2009. (In Russian).
7. Prudnikov P.V., Karpechenko S.V., Novikov A.A., Polikarpov N.G. Agrochemical and agroecological state of soils of Bryansk region. Bryansk: Press CUE «Klitsy town printing house», 2007. 608 p. (In Russian).
8. Sanzharova N.I., Panov A.V., Popova G.I., Shubina O.A., Zhigareva T.L., Bakalova O.N., Prudnikov P.V. Algorithm for estimation of future agricultural lands contamination levels, which will ensure production of food products meeting the standards., RIARAE, 2007. 17 p. (in Russian)
9. Panov A.V., Isamov N.N., Sanzharova N.I., Rybalko Ju.A. Radiological control of animal products and fodder production in south-west districts of Bryansk region, affected by the Chernobyl accident. *Problemy veterinarnoi sanitarii, gigieny i ekologii – Problems of veterinary sanitation, hygiene and ecology*, 2015, no. 4(16), pp. 91-99. (In Russian).

Panov A.V.* – Deputy Director, D.Sc., Biol., Prof.; Sanzharova N.I. – Director, D.Sc., Biol., Corresponding Member of RAS; Shubina O.A. – Lead. Researcher, C.Sc., Biol.; Gordienko E.V. – Researcher; Titov I.E. – Researcher. RIARAE.

*Contacts: Kievskoe Sh., 109 km, Obninsk, Kaluga region, Russia, 249032. Tel. +7(484) 399-69-59; e-mail: riar@mail.ru.