

## Этапы радиационного мониторинга на территории Тульской области, подвергшейся радиоактивному загрязнению в результате аварии на Чернобыльской АЭС

В.В. Болдырева, В.Н. Овчарова

Центр гигиены и эпидемиологии в Тульской области, Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Тула, Россия

*Более половины территории Тульской области подверглось загрязнению в результате аварии на Чернобыльской АЭС. В статье описаны этапы радиационно-гигиенического мониторинга объектов среды обитания в зонах радиоактивного загрязнения Тульского региона. Приведена информация по изменению зон радиоактивного загрязнения в разные послеаварийные периоды. Дана оценка радиационной обстановки в начальный «йодный» период аварии, последующий «цезиевый» период и на современном этапе. Описаны проводимые госсанэпидслужбой области по результатам радиационного мониторинга мероприятия, направленные на снижение дозовой нагрузки населения на разных этапах контроля. Дана информация о высоких уровнях гамма-фона до 35 мкЗв/ч в «йодный» период. Представлены данные о превышении временных допустимых уровней по содержанию йода-131 в молочной продукции, производимой в наиболее загрязненном Плавском районе области. Приведены данные лабораторных исследований пищевых продуктов на суммарную бета-активность в 1986–1987 гг. и число превышений допустимых уровней по содержанию цезия-137 в 1986 г. Превышения допустимых уровней радионуклидов в пищевых продуктах регистрировались только в 1986 г. за счет поверхностного загрязнения растений, а в дикорастущих грибах – вплоть до 2004 г. На современном этапе достоверное содержание цезия-137 и стронция-90 в пищевой продукции можно определить только радиохимическим методом. Представлены результаты радиохимических исследований основных дозообразующих пищевых продуктов за период с 2010 по 2021 г. В статье приведены численные значения среднегодовых эффективных доз облучения населения, проживающего в населенных пунктах, входящих в зоны радиоактивного загрязнения вследствие аварии на Чернобыльской АЭС, за 1986–2021 гг. Среднегодовая эффективная доза облучения населения с 1994 г. не превышает 1 мЗв/год. Годовая эффективная доза облучения населения, проживающего в 98,3% населенных пунктов, отнесенных к зоне радиоактивного загрязнения, в 2021 г. составляла менее 0,2 мЗв/год.*

**Ключевые слова:** авария на Чернобыльской АЭС, радиоактивное загрязнение, радиационный мониторинг, радионуклиды, допустимые уровни, активность, радиохимические и спектрометрические исследования, дозы облучения населения.

### Введение

Одной из самых крупных техногенных катастроф XX в. стала авария на Чернобыльской АЭС.

При взрыве реактора 4-го энергоблока в атмосферу было выброшено значительное количество различных радионуклидов, из которых наиболее значимыми в формировании дозы облучения населения явились  $^{131}\text{I}$ ,  $^{134}\text{Cs}$  и  $^{137}\text{Cs}$ . Радиоактивному загрязнению подверглась территория площадью более 200 000 км<sup>2</sup>, из них примерно 70% приходится на территории Белоруссии, Украины и России [1].

Чернобыльские осадки выпали на территории площадью более 57 000 км<sup>2</sup> в 19 субъектах Российской Федерации [2].

Серьезно пострадала Тульская область. Радиоактивными осадками была загрязнена территория 18 из 25 районов области, это 56,65% от всей площади региона, где в 2054 населенных пунктах проживало около 923,78 тыс. человек [3].

В 1997 г. число населенных пунктов, отнесенных к зонам радиоактивного загрязнения, уменьшилось до 1306. Постановлением Правительства РФ № 1582 от 18 декабря 1997 г. к зоне проживания с льготным социально-экономическим статусом было отнесено 1184 населенных пункта с населением 719 тыс. человек и к зоне проживания с правом на отселение – 122 населенных пункта с населением 31,9 тыс. человек<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Постановление Правительства РФ от 18.12.1997 г. № 1582 «Об утверждении перечня населенных пунктов, находящихся в границах зон радиоактивного загрязнения вследствие катастрофы на Чернобыльской АЭС». М., 1997. [Order of the Russian Federation Government dd 18.12.1997 № 1582 «On approval of the list of settlements within the boundaries of radioactive pollution zones caused by Chernobyl NPP accident». Moscow; 1997 (In Russ.)]

**Овчарова Валентина Николаевна**

Центр гигиены и эпидемиологии в Тульской области

Адрес для переписки: 300045, Россия, г. Тула, ул. Оборонная, д. 114; E-mail: radlab.fbuz71@mail.ru

Зона «чернобыльского» загрязнения и в настоящее время охватывает значительные территории сельскохозяйственных угодий, лугов, лесов, водоисточников, городских и сельских поселений Тульской области.

Современное зонирование загрязненных территорий определяется Постановлением Правительства РФ от 08.10.2015 г. № 1074 «Об утверждении перечня населенных пунктов, находящихся в границах зон радиоактивного загрязнения вследствие катастрофы на Чернобыльской АЭС». В Тульской области в границах зон радиоактивного загрязнения осталось 1215 населенных пунктов, 27 из них – в зоне проживания с правом на отселение и 1188 – в зоне проживания с льготным социально-экономическим статусом. На загрязненной территории проживает около 640 000 человек, что составляет 45% от общей численности населения<sup>2</sup>.

### Результаты и обсуждение

«Радиоактивное облако» достигло границ Тульской области в ночь с 28 на 29 апреля 1986 г. Вместе с атмосферными осадками различной интенсивности на земную поверхность выпали и радионуклиды. Неравномерно выпавшие осадки, сложная траектория движения воздушных масс и различия ландшафтных условий определили выраженный пятнистый характер загрязнения огромной территории области в направлении с юго-запада на северо-восток [3].

С первых дней аварии перед государственной санитарно-эпидемиологической службой Тульской области встала задача по организации и осуществлению радиационно-гигиенического мониторинга за объектами среды обитания человека на загрязненной территории. Для принятия оперативных решений по защите населения от аварийного облучения необходимо было изучить радиационную обстановку, характер и уровни загрязнения.

Радиационный мониторинг на радиоактивно-загрязненной территории области в послеаварийный период условно можно разделить на 3 этапа.

На начальном этапе для оценки радиационной обстановки была развернута сеть лабораторного наблюдения из 31 лаборатории санитарно-эпидемиологической службы. Был начат почасовой контроль уровней мощности дозы внешнего гамма-излучения во всех районных центрах области. Наиболее точные результаты были получены с помощью измерителя мощности дозы (рентгенметра) «ДП-5В». На обширной территории Тульской области регистрировались высокие уровни гамма-излучения, в десятки и сотни раз превышающие прежние значения. Максимальная мощность дозы гамма-излучения в 35 мкЗв/ч была отмечена в г. Плавске. В контрольных точках остальных 17 районов регистрировались уровни от 17 мкЗв/ч до 5 мкЗв/ч.

По результатам радиационного мониторинга органы власти принимали решения по проведению комплекса защитных дезактивационных мероприятий на местности. Контрмеры проводились в первую очередь на территории детских и лечебных учреждений, а также в зонах отдыха и в местах массового пребывания людей. Естественный распад йода-131 и комплекс защитных мероприятий уже к концу мая 1986 г. позволили значительно снизить уровни гамма-фона в десятки раз до значений от 3 до 0,25 мкЗв/ч, тем самым были снижены почти в 2 раза дозы облучения на первом этапе послеаварийного периода [4].

Этот период условно можно назвать «йодным», так как особую опасность из всех выпавших радионуклидов представлял короткоживущий йод-131, обладающий высокой тропностью к щитовидной железе и создающий высокие дозы облучения в этом органе. В большей степени этот радионуклид опасен для детского организма. Это объясняется маленькой массой железы у детей и более высокой ее накопительной способностью, чем у взрослых, а также преобладанием в детском рационе молочных продуктов [2].

Главной задачей в «йодный период», требующей пристального внимания службы, было предотвращение повышенного поступления йода-131 в организм человека с продуктами питания (особенно с молоком, зеленью и ранними овощами).

Руководящим документом для принятия решений по выбраковке загрязненной радионуклидами пищевой продукции стали первые временные допустимые уровни (ВДУ), введенные 6 мая 1986 г.<sup>3</sup>

В 1986 г. санэпидслужбой было проведено 33,4 тысяч лабораторных исследований пищевых продуктов, воды, объектов внешней среды, в том числе за первые 3 месяца после аварии было проведено почти 14 000 исследований на содержание радиойода, радиоцезия и на суммарную бета-активность.

В первых числах мая 1986 г. определение содержания радиойода проводилось трудоемким радиохимическим методом, а с 11 мая при непосредственном участии специалистов Ленинградского научно-исследовательского института радиационной гигиены в работу был внедрен спектрометрический метод с использованием одноканального гамма-спектрометра «НК-150» (Венгрия) и гамма-тиреоидометра «ГТРМ-01ц» (Россия). Это позволило значительно ускорить проведение лабораторных исследований, тем самым увеличив объем контролируемой продукции.

В мае 1986 г. из 3926 проб молока и молочной продукции было выявлено 158 проб (4%) с превышением ВДУ по содержанию йода-131. Массовый выпас скота на пастбищах, где произошло поверхностное загрязнение растительности и почвы, стал причиной загрязнения

<sup>2</sup> Постановление Правительства РФ от 08.10.2015 г. № 1074 «Об утверждении перечня населенных пунктов, находящихся в границах зон радиоактивного загрязнения вследствие катастрофы на Чернобыльской АЭС». М., 2015. [Order of the Russian Federation Government dd 08.10.2015 № 1074 «On approval of the list of settlements within the boundaries of radioactive pollution zones caused by Chernobyl NPP accident». Moscow; 2015 (In Russ.)]

<sup>3</sup> ВДУ-86. Временные допустимые уровни содержания радиоактивных веществ в продуктах питания, питьевой воде, лекарственных травах (суммарная бета-активность). No 129–252/ДСП от 30 мая 1986 г. М.: Минздрав СССР, 1986. 1 с. [VDU-86. Temporary permissible levels of radioactive substances in food, drinking water, medicinal herbs (total beta activity). No 129–252/DSP, 30 May 1986. Moscow: Minzdrav SSSR; 1986. P.1. (In Russ.)]

молока йодом-131. Максимальное содержание йода-131 было обнаружено в 13 наиболее загрязненных хозяйствах Плавского района, где допустимый уровень был превышен в 650 раз. В течение мая 1986 г. концентрация йода-131 в молоке постепенно снижалась, достигнув значений ниже допустимого уровня (табл. 1) [3].

По результатам радиационного контроля на этом этапе было отправлено на промышленную переработку 5120 тонн молока.

Проведенный бракераж партий молока, в котором удельная активность йода-131 превышала установленное ВДУ значение, позволил существенно снизить дозу внутреннего облучения населения в начальный период после аварии.

Второй, «цезиевый» этап радиационного мониторинга наступил после естественного распада йода-131. На этом этапе определяющими радиационную обстановку факторами становились радионуклиды цезия-134, 137 и в меньшей степени стронций-90.

В ВДУ-86 от 30.05.1986 г. были регламентированы уровни суммарной бета-активности в продуктах питания, был учтен доминирующий вклад цезия-134, 137 в дозу внутреннего облучения, обладающего высокой способностью легко мигрировать в экологической системе «Почва → растение → животное → человек».

В начальной стадии «цезиевого периода» содержание изотопов цезия в продуктах растениеводства и животноводства определялось радиометрическим методом с использованием декадно-счетной установки ДП-100. Проводились исследования нативных проб экспресс-методом без озоления и радиохимической пробоподготовки. Но уже к сентябрю 1986 г. из-за снижения радиоактивного загрязнения пищевых продуктов результаты радиометрических исследований «в толстом слое» стали статистически недостоверными.

По данным радиохимического анализа суммарная бета-активность проб обуславливалась, в основном,  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{134}\text{Cs}$ . В значительно меньших концентрациях были выделены  $^{140}\text{Ba}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{91}\text{Y}$ ,  $^{141}\text{I}$ ,  $^{144}\text{Ce}$ .

Загрязнение мяса и молока радионуклидами цезия выше ВДУ имело место только в 1986 г. в хозяйствах наиболее загрязненных районов области – Плавского, Арсеньевского, Щекинского и Тепло-Огаревского. Отмечалось превышение ВДУ 370 Бк/кг в 1,5–2,0 раза в зерновых и ягодах, регистрировались превышения ВДУ

3700 Бк/кг в 1,5 раза в зелени. Исследовано 3032 пробы мяса и мясопродуктов, с превышением ВДУ 3700 Бк/кг в 80 пробах (2,6%); из 366 исследованных проб ягод в 10 пробах ягод смородины (2,7%) обнаружено превышение временного норматива в 370 Бк/кг.

Основную роль в загрязнении сельскохозяйственной продукции в 1986 г. сыграла сорбция радионуклидов на поверхности растений. После покоса трав, смыва радионуклидов дождями загрязнение животноводческой продукции – молока и мяса снизилось.

Превышение допустимых уровней по суммарной бета-активности 370 Бк/кг регистрировалось в осенний период 1986 г. только в молоке Плавского района (до 445 Бк/л) и в зерновых, выращенных на полях наиболее загрязненных районов области – Арсеньевского, Щекинского, Киреевского и Плавского (до 850 Бк/кг) [3].

По мере улучшения радиационной обстановки ужесточались требования к показателям радиационной безопасности пищевой продукции местного производства и привозной продукции.

Превышения допустимых уровней цезия-134, 137 в пищевой продукции местного сельскохозяйственного производства регистрировались до 1987 г., в дикорастущих грибах – до 2004 г., так как плодородный состав почвенного покрова (черноземы, серые лесные) имеет низкий коэффициент перехода «Почва → растение» по корневому пути загрязнения растительности [2].

В 1990-е гг. гамма-съемка радиоактивно-загрязненной территории решала задачи по выявлению локальных участков с высокой плотностью загрязнения, образованных вторичным путем, за счет миграции радионуклидов с дождевыми и талыми водами. Эти небольшие участки, как правило, встречались под стоками крыш, в понижениях рельефа, на заболоченных участках местности и оказывали незначительное влияние на увеличение дозы внешнего облучения населения. Но их наличие являлось фактором, значительно усиливающим радиофобию среди населения. Поэтому на этих территориях осуществлялся комплекс санитарно-гигиенических мероприятий, включающих дезактивационные работы путем снятия верхнего слоя почвенного покрова, засыпки чистым грунтом, благоустройства территории.

На современном этапе продолжается работа по уточнению радиационной обстановки во всех радиоактивно-загрязненных районах области, исследуются все

Динамика снижения содержания  $^{131}\text{I}$  в молоке коллективных хозяйств Плавского района в мае 1986 г.

Таблица 1

Dynamics of reduction of  $^{131}\text{I}$  content in milk supplied by collective farms of the Plavsk district in May 1986]

[Table 1

Значение [value]	Удельная активность $^{131}\text{I}$ в молоке, кБк/л(кг) [Specific activity of $^{131}\text{I}$ in milk, kBq/l(kg)]					
	11.05.86*	14.05.86	19.05.86	22.05.86	27.05.86	31.05.86
Максимальное [maximum]	240	8,14	7,41	5,18	2,78	1,41
Минимальное [minimum]	3,7	0,19	0,10	0,11	0,11	0,07
Среднее [average]	67,3	3,85	2,66	2,13	1,07	0,56
ВДУ [TPL]	3,7					

\* пробы отобраны 6–7 мая 1986 г.

[\* samples taken 6–7 May, 1986].

факторы, формирующие дозы внешнего и внутреннего облучения населения.

Этот этап характеризуется стабильными показателями радиационной обстановки в течение многих лет, имеющими тенденцию к постепенному приближению к уровням доаварийного периода.

В рамках социально-гигиенического мониторинга продолжается наблюдение за радиационным фоном в контрольных стационарных точках, показатели которого стабильны и находятся в пределах естественных колебаний, характерных для средних широт европейской территории Российской Федерации. В среднем уровни гамма-фона в контрольных точках на загрязненной территории составляют 0,11–0,15 мкЗв/ч при максимальном значении 0,15 мкЗв/ч в г. Плавске. В отдельных локациях населенных пунктов регистрируются значения мощности дозы внешнего гамма-излучения до 0,18 мкЗв/ч.

Приоритетно исследуются основные дозообразующие местные пищевые сельскохозяйственные и природные продукты, наиболее часто употребляемые в рационе питания (молоко, картофель, дикорастущие грибы и ягоды), формирующие среднегодовую эффективную дозу облучения населения [5].

Основными критериями выборки населенных пунктов для радиационного обследования являются принадлежность к наиболее загрязненным зонам по плотности загрязнения почвы, численность населения, демографические показатели и наличие местного производства животноводческой и растениеводческой продукции.

Для получения достоверной информации о содержании цезия-137 и стронция-90 исследования проводятся в основном радиохимическим методом, так как активность этих радионуклидов находится ниже предела чувствительности спектрометрического метода.

По данным радиохимических исследований видна закономерная тенденция снижения активности цезия-137 и стронция-90 в пищевой продукции местного производства (табл. 2).

Одним из критериев радиационной безопасности условий проживания населения на загрязненных вследствие аварии на Чернобыльской АЭС территориях явля-

ется средняя годовая эффективная эквивалентная доза облучения (СГЭД).

В Тульской области проводились измерения населения на спектрометрах излучения человека (СИЧ) на содержание  $^{137}\text{Cs}$  в организме.

Данные прямых СИЧ-измерений содержания радионуклидов в организме жителей явились наиболее информативными показателями в части оценки доз облучения. Специалистами Санкт-Петербургского НИИ радиационной гигиены в 2011 г. был получен достоверный результат совпадения оценок доз внутреннего облучения жителей, полученных как с использованием модельных расчетов, так и с помощью результатов СИЧ-изменений жителей [5].

В течение первых 2 лет после аварии, когда формировалась основная часть накопленной дозы облучения, проводились массовые дозиметрические обследования населения, проживающего на загрязненной территории. Дозиметрический контроль проводился по единой методике, разработанной Санкт-Петербургским НИИ радиационной гигиены. Дозиметрическим обследованием в 1986 г. было охвачено 27 000 жителей Плавского района. Всего же за весь послеаварийный период было обследовано более 80 000 взрослого населения и детей наиболее загрязненных районов.

Даже в самом радиоактивно-загрязненном Плавском районе уровни содержания радионуклидов цезия в организме жителей были невелики, поэтому точность СИЧ-измерений сопровождалась высоким процентом неопределенности измерений. У взрослого населения определяемые уровни удельной активности радиоцезия варьировали от 3,7 кБк до 130 кБк, у детей регистрировался уровень в диапазоне от 1,5 до 15,0 кБк.

Несмотря на низкий уровень содержания изотопов цезия в организме жителей загрязненных районов, в последующие годы наблюдалось явное снижение активности радионуклида в теле человека. В 1987 г. содержание изотопов цезия в организме населения Тульской области уменьшилось в 1,5–2,0 раза по сравнению с 1986 г. В третий послеаварийный год тенденция на снижение активности изотопов цезия в организме сохранилась.

Динамика сводных данных радиационного мониторинга основных дозообразующих продуктов питания местного производства за 2010–2021 гг.

Таблица 2

Dynamics of summarized data on radiation monitoring of the locally produced major dose contributing food products in 2010–2021]

[Table 2

Период мониторинга [Monitoring period]	Содержание $^{137}\text{Cs}$ , Бк/л(кг) [ $^{137}\text{Cs}$ content, Bq/l(kg)]						Содержание $^{90}\text{Sr}$ , Бк/л(кг) [ $^{90}\text{Sr}$ content, Bq/l(kg)]					
	молоко [milk]		картофель [potatoes]		грибы [mushrooms]		молоко [milk]		картофель [potatoes]		грибы [mushrooms]	
	макс. [max]	сред. [avg]	макс. [max]	сред. [avg]	макс. [max]	сред. [avg]	макс. [max]	сред. [avg]	макс. [max]	сред. [avg]	макс. [max]	сред. [avg]
2010–2015	4,49	0,87	6,32	0,95	207,0	10,62	0,88	0,18	0,95	0,17	1,19	0,22
2016–2021	4,19	0,38	1,75	0,33	78,7	6,66	0,27	0,11	0,29	0,11	0,3	0,15
Допустимый уровень [permissible level]	100		80		500		25		40		-	



У взрослого населения в среднем содержание радионуклидов цезия регистрировалось 10 кБк, максимально 30 кБк, у детей в среднем от 1 до 2,5 кБк, максимально 7 кБк.

В последующие периоды радиационного мониторинга продолжался выборочный дозиметрический контроль внутреннего облучения населения наиболее загрязненных районов области, а с 1994 г. начали проводить прямые измерения накопленных за определенный период доз внешнего облучения методом ТЛД-дозиметрии.

На всех этапах мониторинга радиационной обстановки инструментальными методами (СИЧ, ТЛД-дозиметрия, измерения МЭД, радиохимический анализ пищевых продуктов) была получена достоверная информация о фактических уровнях облучения населения.

По мере улучшения радиационной обстановки за счет снижения уровней внешнего гамма-излучения и поступления радионуклидов цезия в организм с продуктами питания ужесточались временные пределы годовой дозы облучения населения, проживающего в зонах радиоактивного загрязнения. Регламентированный предел допустимого уровня облучения за первый послеаварийный год составил 100 мЗв. В 1987 г. численное значение предела годовой дозы облучения было снижено до 30 мЗв, в 1988–1989 гг. норматив уменьшился до 25 мЗв. В 1991 г. была принята «Концепция проживания населения в районах, пострадавших от аварии на Чернобыльской АЭС», согласно которой предел среднегодовой эффективной дозы в 1 мЗв является допустимым, проживание и хозяйственная деятельность по радиационному фактору не требуют специальных защитных мероприятий [2].

Для оценки средних годовых и накопленных эффективных доз облучения населения, проживающего на радиоактивно-загрязненных территориях области, за любой прошедший год с начала аварии на Чернобыльской

АЭС по результатам радиационного мониторинга ведется региональная база данных по дозам облучения населения (РБДД) в программном модуле «Рег-БД71».

Среднегодовые эффективные дозы облучения (СГЭД) в диапазоне от минимальных до средних значений, приведенных в таблице 3, в разные периоды наблюдений после аварии на ЧАЭС регистрировалась у населения более 60% населенных пунктов Тульского региона, отнесенных к зонам радиоактивного загрязнения.

Для населения 98,3% населенных пунктов Тульской области, отнесенных к зонам радиоактивного загрязнения, СГЭД за 2021 г. составила менее 0,2 мЗв.

Основная доля накопленной дозы с 1986 г. сформирована в первые послеаварийные годы. В среднем эффективная накопленная доза облучения населения радиоактивно-загрязненной зоны области за период с 1986 по 1988 г. составила 4,33 мЗв, причем почти 2/3 пришлось на дозу внешнего облучения. Максимальные значения накопленной дозы от 15 до 23,43 мЗв за этот период зарегистрированы в 9 населенных пунктах (табл. 4).

В последующий период контроля накопленная доза формировалась в большей степени (80–92%) за счет внешнего облучения. В 1991 г. СГЭД облучения населения в среднем состояла на 90,4% из дозы внешнего облучения, в последующие годы это соотношение практически не менялось. В 2021 г. максимальное значение СГЭД 0,32 мЗв зарегистрировано в д. Рождествено-1 Плавского района, которая состояла на 90,6% из дозы внешнего облучения 0,29 мЗв.

Прогнозируемые средние накопленные эффективные дозы облучения жителей населенных пунктов Тульской области, пострадавших вследствие аварии на ЧАЭС, к 2056 г. не превысят предел дозы за жизнь 70 мЗв. Учитывая, что величины средних годовых эффективных доз облучения жителей пострадавших территорий име-

Таблица 3

**Динамика снижения СГЭД облучения населения, проживающего в зонах радиоактивного загрязнения  
Тульской области за период с мая 1986 г. по 2021 г.**

[Table 3]

**Dynamics of reduction of AAED sustained by population in radioactively contaminated zones of the Tula region from May  
1986 to 2021]**

Период наблюдений [Observation period]	Дозовый предел [Dose limit]	СГЭД, мЗв [AAED, mSv]		Количество НП с превышением дозового предела [Quantity of settlements with exceeded dose limit]
		средняя [average]	максимальная [maximum]	
Май 1986 г. – апрель 1987 г. [May 1986 – April 1987]	100	2,805	10,40	–
Май 1987 г. – декабрь 1987 г. [May 1987 – December 1987]	30	0,882	7,585	–
1988	25	0,646	5,646	–
1991	1	0,278	1,359	10
1992	1	0,240	1,199	4
1993	1	0,214	1,079	2
1994	1	0,197	0,991	–
2000	1	0,134	0,666	–
2010	1	0,093	0,470	–
2021	1	0,066	0,320	–

Таблица 4

Распределение населенных пунктов Тульской области по величине средней накопленной эффективной дозы облучения населения за период с 1986 по 2021 г.

[Table 4]

Distribution of the Tula oblast settlements by amount of the average cumulative effective dose for population during 1986–2021]

Количество населенных пунктов [Quantity of settlements]	Интервалы накопленных доз, мЗв [Intervals of cumulative dose, mSv]				
	< 5	5–10	10–20	20–30	30–43
1306	365	562	305	65	9

ют стойкую тенденцию к снижению в течение многих лет, ожидается, что величина накопленной дозы будет значительно меньше 70 мЗв.

### Заключение

На каждом этапе радиационного мониторинга на загрязненной территории в результате аварии на Чернобыльской АЭС строилась эффективная система лабораторного контроля, формировались базы данных по результатам исследований пищевых продуктов, воды, уровней эффективной мощности дозы гамма-излучения.

Результаты радиационно-гигиенического мониторинга являются определяющим фактором для проведения комплекса эффективных защитных мероприятий (контрмер), позволившим ограничить дозу внутреннего и внешнего облучения населения радиоактивно-загрязненных территорий.

С 1993 г. ни в одном населенном пункте области, пострадавшем вследствие аварии на Чернобыльской АЭС, не было установлено значений СГЭД выше 1 мЗв.

Расчетные величины средних годовых эффективных доз облучения населения радиоактивно-загрязненных территорий Тульской области формируются в основном за счет доз внешнего облучения и имеют тенденцию к снижению в течение всего послеаварийного периода.

### Личный вклад авторов

Овчарова В.Н. – сбор и анализ первичных материалов, анализ литературных данных, написание первичного текста статьи, статистический анализ.

Болдырева В.В. – общее руководство, корректура и редактирование текста статьи.

### Благодарности

Авторы выражают глубокую признательность двум рецензентам за конструктивные замечания и рекомендации, позволившие значительно улучшить качество статьи.

### Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

### Сведения об источнике финансирования

Авторы заявляют об отсутствии финансирования.

### Литература

1. Онищенко Г.Г. Чернобыль – 30 лет спустя. Радиационно-гигиенические и медицинские последствия аварии // Радиационная гигиена. 2016. Т. 9, № 2. С. 10–19.
2. Радиационно-гигиенические аспекты преодоления последствий аварии на Чернобыльской АЭС / под ред. акад. РАН Онищенко Г.Г. и проф. Поповой А.Ю. СПб.: НИИРГ им. проф. Рамзаева, 2016. Т. 1. 448 с.
3. Болдырева В.В., Овчарова В.Н. Итоги 30-летнего радиационно-гигиенического мониторинга на территориях Тульской области, подвергшихся радиоактивному загрязнению в результате аварии на Чернобыльской АЭС // Радиационная гигиена. 2016. Т. 9, № 2. С. 48–55.
4. Брук Г.Я., Базюкин А.Б., Барковский А.Н., и др. Облучение населения Российской Федерации вследствие аварии на Чернобыльской АЭС и основные направления дальнейшей работы на предстоящий период // Радиационная гигиена. 2014. Т. 7, № 4. С. 72–83.
5. Братилова А.А., Брук Г.Я. Влияние потребления различных пищевых продуктов на формирование доз внутреннего облучения взрослого населения Российской Федерации после аварии на Чернобыльской АЭС // Радиационная гигиена. 2018. Т. 11, № 2. С. 53–59.

Поступила: 25.05.2022 г.

**Болдырева Виктория Валентиновна** – главный врач Центра гигиены и эпидемиологии в Тульской области, Тула, Россия

**Овчарова Валентина Николаевна** – заведующая радиологической лабораторией Центра гигиены и эпидемиологии в Тульской области. Адрес для переписки: 300045, Россия, Тула, ул. Оборонная, д. 114; E-mail: radlab.fbuz71@mail.ru

Для цитирования: Болдырева В.В., Овчарова В.Н. Этапы радиационного мониторинга на территории Тульской области, подвергшейся радиоактивному загрязнению в результате аварии на Чернобыльской АЭС // Радиационная гигиена. 2022. Т. 15, № 3. С. 116–123. DOI: 10.21514/1998-426X-2022-15-3-116-123

## Stages of radiation monitoring on the territory of the Tula region affected in consequence of the Chernobyl NPP accident

Viktoriya V. Boldyreva, Valentina N. Ovcharova

Center of Hygiene and Epidemiology in the Tula Region, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing, Tula, Russia

*More than half of the Tula oblast territory was contaminated following the accident at the Chernobyl nuclear power plant. This article describes the stages of radiation hygiene monitoring of objects in the habitat in the Tula region impacted by radioactive contamination. Information is given on changes in radioactively contaminated areas at different periods after the accident. An assessment is made of the radiological situation at the initial "iodic" period of the accident, the subsequent "cesium" period, and at the current stage. A description is given of work done by the oblast's state sanitary and epidemiological service based on radiation monitoring results for reducing the radiation exposure of the population at different stages of supervision. Information is supplied on high levels of gamma background up to 35 mSv/h during the "iodic" period. Tabulated data are supplied on exceeding the tentative maximum permissible level of iodine-131 content in dairy products produced in Plavski district, the most contaminated area in the region. Data are given on laboratory tests on food products for total beta activity in 1986-87 and the frequency of exceeding the permissible level of cesium-137 content during 1986. The above permissible content of radionuclides in food products was registered only in 1986 due to surface contamination of plants, while in wild mushrooms this took place as late as 2004. Currently, the proved content of cesium-137 and strontium-90 in food products is determined only by the radio-chemical method. A table is supplied showing results of radio-chemical research on major dose contributing food products from 2010 to 2021. The article supplies a table with numeric values of annual average effective doses of radiation sustained by the population of settlements located in the Chernobyl radioactively contaminated zone during 1986 through 2021. The dose of the population's exposure to the Chernobyl radiation since 1994 does not exceed 1 mSv/year. In 2021, the population's annual effective dose in 98.3% of settlements amounted to less than 0.2 mSv/year.*

**Key words:** the Chernobyl NPP accident, radioactive contamination, radiation monitoring, radionuclides, permissible levels, activity, radiochemical and spectrometric research, radiation doses to population.

### Personal participation of the authors

Ovcharova V.N. – collection and analysis of primary materials, analysis literature data, writing the primary text of the article, statistical analysis.

Boldyreva V.V. – general guidance, correction and editing of the text of the article.

### Acknowledgments

The authors express their deep gratitude to two reviewers for constructive comments and recommendations, which significantly improved the quality of the article.

### Conflict of interest

The authors declare that there is no conflict of interest.

### Information about the source of funding

The study was not financially supported.

### References

1. Onishchenko GG. The Chernobyl – Thirty Years After The Post – Accidental Radiological – Hygienic and Medical Consequences. *Radiatsionnaya Gygiyena = Radiation Hygiene*. 2016;9(2):10-19. (In Russian).
2. Radiological and Hygienic Issues of the Mitigation of the Chernobyl NPP Accident Consequences / Edited by Academician of the Russian Academy of Sciences Onishchenko GG and Professor Popova AYU. St.-Petersburg: RIRH after prof. P.V. Ramzaev; 2016. Vol. 1. 448 p. (In Russian).
3. Boldyreva VV, Ovcharova VV. The Thirty Years' Results of Radiation Hygienic Monitoring of Tula Region territories contaminated due to the Chernobyl NPP accident. *Radiatsionnaya Gygiyena = Radiation Hygiene*. 2016;9(2):48-55. (In Russian).
4. Bruk GYa, Bazyukin AB, Barkovsky AN, Bratilova AA, Vlasov AYU, Goncharova YuN, et al. The exposure for populations of the Russian Federation due to the Chernobyl accident and main directions of further work in the coming period. *Radiatsionnaya Gygiyena = Radiation Hygiene*. 2014;7(4):72-83. (In Russian).
5. Bratilova AA, Bruk GYa. Influence of the consumption of different foodstuffs on the internal exposure dose formation in the adult population of the Russian Federation after the accident at the Chernobyl NPP. *Radiatsionnaya Gygiyena = Radiation Hygiene*. 2018;11(2):53-59. (In Russian).

Received: May 25, 2022

Valentina N. Ovcharova

Center of hygiene and epidemiology in the Tula region

Address for correspondence: Oboronnaya str, 114, Tula, 300045, Russia; E-mail: radlab.fbuz71@mail.ru

**Viktoriya V. Boldyreva** – Chief Medical Officer of the Center of Hygiene and Epidemiology in Tula Region, Tula, Russia

**For correspondence: Valentina N. Ovcharova** – Head of Radiological Laboratory of the Center of Hygiene and Epidemiology in Tula Region (Oboronnaya str, 114, Tula, 300045, Russia; E-mail: radlab.fbuz71@mail.ru)

**For citation: Boldyreva V.V., Ovcharova V.N. Stages of radiation monitoring on the territory of the Tula region affected in consequence of the Chernobyl NPP accident. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*. 2022. Vol. 15, No. 3. P. 116-123. (In Russian). DOI: 10.21514/1998-426X-2022-15-3-116-123**