

Оценка радиационной обстановки в зоне наблюдения Волгодонской атомной электростанции за 2007–2009 гг.

С.И. Прокопенко¹, А.Н. Барковский¹, В.Ю. Голиков¹, М.В. Калинина², М.Ю. Соловьев²

¹ ФГУН «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Санкт-Петербург

² Управление Роспотребнадзора по Ростовской области, Ростов-на-Дону

В настоящей статье представлены результаты радиационного мониторинга, проводившегося в зоне наблюдения Волгодонской АЭС (ВоАЭС) в период 2007–2009 г. Представлены также проведенные с использованием полученных результатов расчеты дозы техногенного облучения населения, проживающего в зоне наблюдения ВоАЭС. Показано, что годовые дозы населения зоны наблюдения ВоАЭС не превышают 10 мкЗв в год.

Ключевые слова: радиационный мониторинг, радиационная обстановка, техногенный источник, эффективная доза, население зоны наблюдения.

Введение

Федеральный закон «О радиационной безопасности населения» [1] установил предел дозы техногенного облучения населения за счет нормальной эксплуатации радиационных объектов. Годовая эффективная доза критической группы населения не должна превышать 5 мЗв/год при условии, что в среднем за любые последовательные 5 лет она не превысит 1 мЗв/год. В случае наличия нескольких техногенных источников для соблюдения предела дозы должны устанавливаться допустимые уровни воздействия для каждого техногенного источника, сумма которых не должна превышать установленного предела дозы.

Для систематического контроля за радиационной обстановкой, уровнями радиационного загрязнения окружающей среды и дозами облучения населения органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации должен проводиться радиационный мониторинг, результаты которого заносятся в радиационно-гигиенический паспорт территории.

Радиационный мониторинг в зоне наблюдения радиационных объектов I категории потенциальной радиационной опасности (к которым относится и ВоАЭС), включая оценку доз облучения критической группы населения зоны наблюдения, должен проводиться и службами радиационной безопасности этих объектов. Полученные результаты заносятся в радиационно-гигиенические паспорта организаций.

Радиационный мониторинг в зонах наблюдения радиационных объектов проводится также в рамках социально-гигиенического мониторинга органами, уполномоченными осуществлять государственный санитарно-эпидемиологический надзор, для проверки выполнения установленных для радиационного объекта допустимых уровней воздействия.

Радиационный мониторинг в зоне наблюдения радиационного объекта должен обеспечивать получение достоверной информации о параметрах радиационной обстановки, подтверждающей ее соответствие нормативным требованиям и позволяющей при необходимости принять обоснованные управленческие решения, направленные на снижение уровня облучения людей, как при нормальной эксплуатации радиационного объекта, так и в случае радиационной аварии.

Для унификации требований к исходным данным и алгоритмам расчета доз облучения населения, проживающего в зонах наблюдения радиационных объектов, специалистами ФГУН НИИРГ совместно со специалистами Управления Роспотребнадзора по Ростовской области и ФГУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Ростовской области» в 2009 г. был разработан проект методических рекомендаций по контролю доз облучения населения, проживающего в зоне наблюдения радиационного объекта в условиях нормальной эксплуатации и в случае радиационной аварии (далее МР) [2]. В качестве одного из объектов для практической апробации разработанного документа была выбрана ВоАЭС.

Настоящая работа посвящена анализу результатов радиационного мониторинга, проводившегося ФГУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Ростовской области» совместно с Управлением Роспотребнадзора по Ростовской области в период 2007–2009 гг. [3]. В ходе проведенной работы были получены текущие параметры радиационной обстановки, проведен анализ и обобщение соответствующих данных за предшествующие 2 года и оценены максимальные дозы техногенного облучения населения зоны наблюдения ВоАЭС. Апробация проводилась для случая нормальной эксплуатации радиационного объекта.

Материалы и методы

ВоАЭС расположена на берегу Цимлянского водохранилища в 13,5 км от города Волгодонска. На первом энергоблоке ВоАЭС, введенном в промышленную эксплуатацию в 2001 г., эксплуатируется водо-водяной реактор типа ВВЭР-1000 с установленной электрической мощностью 1000 МВт. В настоящее время начата опытно-промышленная эксплуатация такого же реактора, установленного на втором энергоблоке. Проводятся работы по строительству третьего энергоблока. В зоне наблюдения ВоАЭС находятся Дубовский, Цимлянский, Волгодонский и Зимовниковский районы и город Волгодонск [3].

Для проведения оценки доз техногенного облучения населения зоны наблюдения необходимо рассмотреть все возможные варианты внешнего и внутреннего облучения и получить численные значения характеризующих их па-

раметров радиационной обстановки. В соответствии с МР должно рассматриваться внешнее облучение от загрязненного грунта, от радиоактивного облака, внешнее облучение при погружении в загрязненную воду и при нахождении на ее поверхности, облучение от грунта, подвергшегося вторичному загрязнению при разливах рек и при использовании загрязненной воды для полива сельскохозяйственных огородов. Внутреннее облучение определяется:

- облучением при поступлении радионуклидов с продуктами питания и питьевой водой (пероральное поступление);
- облучением при поступлении радионуклидов с вдыхаемым воздухом (ингаляционное поступление);
- облучением в результате вторичного ветрового подъема выпавших на поверхность земли радионуклидов (ре-сuspензия).

Исходными данными для оценки доз являются концентрации радионуклидов техногенного происхождения в объектах внешней среды, пищевых продуктах, производимых в зоне наблюдения, в том числе природных пищевых продуктах (лесные грибы, ягоды, дичь), а также мощности доз гамма-излучения в населенном пункте и его ареале.

Для обеспечения возможности достоверного сравнения данных, полученных в различные годы, были заранее определены 15 контрольных участков [3], в которых проводились измерения показателей радиационной обстановки.

Уровень гамма-фона в контрольных точках определялся ежедневно. Ежемесячно проводилась автомобильная гамма-съемка в зоне наблюдения ВоАЭС по кольцевому маршруту вокруг нее. 1 раз в год определялась удельная активность ¹³⁷Cs и ⁹⁰Sr в пахотной и целинной почве, в пищевой продукции, производимой в зоне наблюдения (с учетом сезонности) и в воде открытых водоемов. 1 раз в год производилось определение суммарной альфа- и бета-активности в питьевой воде, а раз в квартал – суммарной бета-активности в атмосферных осадках.

Результаты и обсуждение

В таблице 1 представлены результаты измерения удельной активности ¹³⁷Cs в целинных и пахотных почвах

в период 2007–2009 гг. на территориях Волгодонского, Цимлянского, Дубовского районов и города Волгодонска.

Как видно из представленных в таблице 1 данных, они заметно ниже уровня глобальных выпадений, нет заметного различия между целинной и пахотной почвами, отсутствует временная динамика. Все это говорит об отсутствии заметного влияния ВоАЭС на радиоактивное загрязнение местности.

Все измеренные с использованием радиохимических методов значения удельной активности ¹³⁷Cs и ⁹⁰Sr в воде открытых водоемов, расположенных на территории зоны наблюдения ВоАЭС, оказались ниже уровня чувствительности методики измерений 0,037 Бк/л, что позволяет говорить об отсутствии влияния ВоАЭС на радиоактивное загрязнение воды открытых водоемов зоны наблюдения.

В таблице 2 представлены обобщенные данные о средних значениях удельной активности ¹³⁷Cs в пищевой продукции, производимой в зоне наблюдения ВоАЭС, за период 2007–2009 гг. Определение удельной активности осуществлялось радиохимическим методом. Отбор проб производился в соответствии с МУ 2.6.1.1868-04 «Внедрение показателей радиационной безопасности о состоянии объектов окружающей среды, в том числе продовольственного сырья и пищевых продуктов, в систему социально-гигиенического мониторинга». Как видно из представленных результатов, содержание ¹³⁷Cs в производимой в зоне наблюдения ВоАЭС пищевой продукции не превышает фоновых данных и значительно меньше уровней, регламентируемых СанПиН 2.3.2.1078-01.

В таблице 3 представлены среднегодовые значения гамма-фона в контрольных точках, расположенных в зоне наблюдения ВоАЭС, за период 2007–2009 гг. Измерения проводились ежедневно. В каждой контрольной точке осуществлялось по 3 измерения на трех высотах 0,1 м; 1,0 м и 2,0 м над землей (всего 9 измерений). В качестве результата измерения в каждой контрольной точке бралось среднее из 9 полученных значений. На основании анализа и обобщения этих данных были получены среднемесячные и среднегодовые значения мощности эквивалентной дозы в контрольных точках.

Таблица 1

Плотность поверхностного загрязнения почвы ¹³⁷Cs, кБк/м²

Территория	2007 г.		2008 г.		2009 г.	
	Почва целинная	Почва пахотная	Почва целинная	Почва пахотная	Почва целинная	Почва пахотная
Волгодонск	0,55	0,31	0,24	0,25	0,18	0,23
Волгодонский район	0,24	0,26	0,43	0,26	0,14	0,13
Цимлянский район	0,3	0,2	0,10	0,33	0,39	0,65
Дубовский район	0,64	0,34	0,15	0,14	0,49	0,57

Таблица 2

Удельная активность ¹³⁷Cs в пищевой продукции, производимой в зоне наблюдения ВоАЭС, Бк/кг

Населенный пункт / район	молоко	Пищевой продукт	
		мясо (говядина)	овощи
Волгодонск	0,038	0,10	0,054
Волгодонский район	0,047	0,20	0,092
Цимлянский район	0,044	0,092	0,059
Дубовский район	0,12	0,095	0,087

Таблица 3

Средние значения гамма – фона в зоне наблюдения ВоАЭС, мкЗв/ч

Год наблюдения	Волгодонск	Волгодонский район	Цимлянский район
2007	0,108	0,132	–
2008	0,113	0,120	–
2009	0,112	0,115	0,110

Данные, представленные в таблице 3, свидетельствуют о стабильности среднегодовых значений гамма-фона, отсутствии их заметной динамики и соответствии уровню природного радиационного фона.

Поскольку полученные данные, характеризующие радиоактивное загрязнение объектов окружающей среды, незначительно отличаются от фоновых значений, характерных для данной местности, для оценки дозовой нагрузки населения было решено не разделять дозу техногенного облучения на компоненты (доза за счет глобальных выпадений, за счет аварии на ЧАЭС и за счет воздействия ВоАЭС), а рассчитать общую дозу техногенного облучения [3]. Такой подход при допустимой консервативности позволит оценить максимально возможную дозу техногенного облучения населения зоны наблюдения за счет радиоактивного загрязнения пищевой продукции и объектов внешней среды.

Оценка доз облучения населения, проживающего в зоне наблюдения ВоАЭС

Расчет дозы техногенного облучения населения производился в соответствии с МР. Средняя эффективная доза E техногенного облучения у представителей выбранной группы населения определялась как сумма эффективных доз внешнего E_1 и внутреннего E_2 облучения:

$$E = E_1 + E_2, \text{ мкЗв/год.} \quad (1)$$

Как было указано выше, доза внешнего облучения включает несколько компонентов, но с учетом полученных результатов оценивалось только облучение от загрязненной ^{137}Cs поверхности земли. Остальными путями внешнего облучения в данном случае можно пренебречь. Расчет дозы производился для трех возрастных групп населения: взрослого населения (старше 17 лет), младших школьников (8–12 лет) и детей младшего возраста (1–2 года). Возрастная группа, имеющая максимальное расчетное значение дозы, рассматривалась как критическая для данного пути облучения.

Расчет дозы внешнего облучения от загрязненного грунта производился с использованием выражения:

$$E_1 = e_1 \cdot \sigma, \text{ мкЗв/год,} \quad (2)$$

где e_1 – дозовый коэффициент при внешнем облучении от загрязненной ^{137}Cs поверхности земли в (мкЗв/год)/(кБк/м²); σ – поверхностная активность радионуклида ^{137}Cs в почве (кБк/м²).

Для проведения расчетов использовалась информация о плотности поверхностного загрязнения почвы ^{137}Cs , представленная в таблице 1. Расчет дозы производился с использованием максимального значения плотности поверхностного загрязнения почвы ^{137}Cs , равного 0,65 кБк/м². Для различных возрастных групп были получены следующие значения годовой эффективной дозы:

- взрослые – 7,8 мкЗв/год;
- дети младшего возраста – 8,45 мкЗв/год;
- младшие школьники – 9,8 мкЗв/год.

Для учета ослабления излучения антропогенной средой в МР используются фактор места L_j и фактор поведения F_j . Фактор места определяется как отношение мощности дозы техногенного излучения на высоте 1 м от поверхности земли в точке j в населенном пункте или в его ареале к аналогичной величине над открытым целинным участком почвы. Фактор поведения представляет собой долю времени, в течение которого представители данной группы населения

находятся в j -ой точке населенного пункта. Сумма произведений L_j и F_j по всем локациям НП представляет собой общий фактор уменьшения дозы внешнего облучения K :

$$K = \sum_j L_j \cdot R_j \quad (3)$$

Численные значения общего фактора уменьшения дозы внешнего облучения, использованные в расчетах, представлены в таблице 4.

Таблица 4

Значение общего фактора уменьшения дозы K (отн. ед.)

Тип населенного пункта	K		
	взрослые	младшие школьники	дети младшего возраста
Село	0,60	0,50	0,50
Поселок городского типа	0,50	0,40	0,35
Город	0,40	0,35	0,30

С учетом антропогенного ослабления излучения, дозы внешнего облучения трех рассматриваемых групп жителей зоны наблюдения составят (первая цифра – жители села, вторая – поселка городского типа и третья – города):

- взрослые – 4,7 / 3,9 / 3,1 мкЗв/год;
- дети младшего возраста – 4,2 / 3,4 / 3,0 мкЗв/год;
- младшие школьники – 4,9 / 3,4 / 2,9 мкЗв/год.

Из представленных данных видно, что максимальное значение дозы внешнего облучения имеет место для сельских младших школьников и равно 4,9 мкЗв/ч. Его и будем использовать в качестве верхней оценки дозы внешнего облучения критической группы населения от загрязненной поверхности земли.

При расчете дозы внутреннего облучения учитывалось только облучение за счет перорального поступления радионуклидов с пищей и водой. Дозой за счет ингаляции и ресуспензии пренебрегали.

Оценка дозы внутреннего облучения населения зоны наблюдения ВоАЭС техногенными радионуклидами при пероральном пути их поступления производилась с использованием выражения:

$$E_2 = e_2 \cdot \sum_i V_i \cdot C_i, \text{ мкЗв/год,} \quad (4)$$

где: e_2 , мЗв/Бк – дозовый коэффициент, зависящий от возраста;

V_i , кг/год, – годовое потребление i -ого пищевого продукта (в том числе питьевой воды) для определенной группы населения (рацион питания);

C , Бк/кг, – среднегодовая удельная активность ^{137}Cs в пищевом продукте.

В таблице 5 представлены обобщенные данные о рационе питания населения различных районов, расположенных в зоне наблюдения ВоАЭС, использованные при расчете доз внутреннего облучения. При проведении расчетов дозы внутреннего облучения населения зоны наблюдения ВоАЭС использовались максимальные данные о содержании ^{137}Cs в пищевой продукции в 2009 г. из таблицы 3.

Рацион питания населения зоны наблюдения ВоАЭС

Населенный пункт/район	Рацион питания населения, кг/год					
	хлеб	картофель	овощи	молоко	мясо	рыба
Волгодонск	134	108	97	238	37,2	16,0
Волгодонский район	134	108	97	238	37,2	16,0
Цимлянский район	134	108	97	238	37,2	16,0
Дубовский район	134	108	97	238	37,2	16,0
Зимовниковский район	134	108	97	238	37,2	16,0

Поскольку, согласно приложению 2 к НРБ-99/2009, критической группой для ^{137}Cs при его пероральном поступлении является возрастная группа взрослых (старше 17 лет), расчеты проводились именно для этой группы. Дозовый коэффициент для нее составляет $1,3 \cdot 10^{-8}$ Зв/Бк. Максимальная годовая доза внутреннего облучения за счет перорального поступления техногенных радионуклидов с пищевыми продуктами составляет 1,0 мкЗв/год. Годовая доза техногенного облучения за счет потребления питьевой воды не превысит 0,4 мкЗв/год.

Таким образом, суммарная доза техногенного облучения населения зоны наблюдения ВоАЭС за счет радиоактивного загрязнения среды обитания и пищевой продукции составит не более 6,3 мкЗв/год, что меньше 10 мкЗв/год – дозы, соответствующей уровню пренебрежимого риска в соответствии с НРБ-99/2009. Только часть этой дозы может быть следствием эксплуатации ВоАЭС, то есть она еще меньше.

Выводы

1. В результате анализа радиационной обстановки на территории зоны наблюдения Волгодонской АЭС за 2007–2009 гг. показано отсутствие динамики показателей радиоактивного загрязнения объектов окружающей среды и пищевой продукции. Уровни радиоактивного загрязнения не превышают фоновых значений.

2. Максимальные дозы внешнего облучения от загрязненной поверхности земли получает возрастная группа младших школьников (8–12 лет), а внутреннего облучения – взрослое население.

3. Эффективная доза техногенного облучения критической группы населения зоны наблюдения ВоАЭС за счет

ее нормальной эксплуатации в период 2007–2009 гг. не превышала 6,3 мкЗв/год.

4. Система радиационного мониторинга, реализуемая Управлением Роспотребнадзора по Ростовской области и ФГУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Ростовской области» в рамках социально-гигиенического мониторинга, обеспечивает получение достоверной информации об уровнях радиоактивного загрязнения объектов окружающей среды и пищевой продукции, производимой в зоне наблюдения ВоАЭС.

5. Практическая апробация проекта методических рекомендаций по контролю доз облучения населения, проживающего в зоне наблюдения радиационного объекта в условиях нормальной эксплуатации и в случае радиационной аварии, показала, что они обеспечивают возможность единообразной оценки доз техногенного облучения населения зоны наблюдения по результатам проводимого радиационного мониторинга.

Литература

1. Российская Федерация. Законы. Федеральный закон №3-ФЗ от 09.01.1996. «О радиационной безопасности населения» (с изменениями от 22 августа 2004 г., 23 июля 2008 г.): принят Государственной Думой 5 декабря 1995 года: статья 18. Контроль и учет индивидуальных доз облучения.
2. Методические рекомендации по контролю доз облучения населения, проживающего в зоне наблюдения радиационного объекта в условиях нормальной эксплуатации и в случае радиационной аварии: отчет о НИР. – СПб: ФГУН НИИРГ, 2009.
3. Радиационно-гигиенические параметры радиационной обстановки в зоне наблюдения Волго-Донской АЭС: отчет о НИР. – Ростов-на-Дону: ФГУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Ростовской области», 2009.

S.I. Prokopenko¹, A.N. Barkovsky¹, V.Yu. Golikov¹, M.V. Kalinina², M.Yu. Soloviev²

Evaluation of the radiation situation in the observation area of the Volgodonsk nuclear power plant during 2007–2009

¹ Federal Scientific Organization «Saint-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev» of Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Well-being, Saint-Petersburg

² Administration of Federal Service for Surveillance of Consumer Rights Protection and Human Well-being in the Rostov Region, Rostov-on-Don

Abstract. The article presents the results of radiation monitoring which were performed in the observation area of the Volgodonsk NPP (VNPP) during 2007-2009. Calculations done using the obtained results for artificial exposure of population living in the observation area of the VNPP are presented. It is shown that annual exposure doses of population living in the observation area of the VNPP do not exceed 10 mSv per year.

Key words: radiation monitoring, radiation situation, artificial source, effective dose, population living in the observation area.

С.И. Прокопенко
Тел: 8-904-646-69-22
E-mail: mrh86@mail.ru

Поступила: 25.05.2010 г.