
**ПРОБЛЕМЫ ЯДЕРНОЙ, РАДИАЦИОННОЙ
И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ**

УДК 621.039

**АНАЛИЗ ДИНАМИКИ РАДИАЦИОННЫХ ФАКТОРОВ РЕГИОНА
РАСПОЛОЖЕНИЯ РОСТОВСКОЙ АЭС**

© 2019 И.А. Бубликова, О.Ф. Цуверкалова

**Волгодонский инженерно-технический институт – филиал Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ», Волгодонск, Ростовская обл., Россия*

Актуальность работы определяется опасениями населения региона размещения Ростовской АЭС о повышении радиационных параметров среды. Методами регрессионного анализа была выполнено исследование динамики средних и максимальных значений суммарной β -активности приземного слоя воздуха и атмосферных выпадений, полученных при государственном радиационном мониторинге. Показано, что эксплуатация энергоблока № 1 в течение 17 лет, пуски новых блоков не привели к росту анализируемых параметров. Анализ данных по продуктам питания местного производства показал, что зона наблюдения Ростовской АЭС, а также Ростовская область в целом, не отличается повышенным содержанием основных долгоживущих техногенных радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr по сравнению с Волгоградской областью. Значения суммарной β -активности продуктов питания, выращенных на территории размещения атомной станции, находятся ниже показателей «нулевого фона».

Ключевые слова: Ростовская АЭС; Цимлянск, Ростов-на-Дону, суммарная β -активность; атмосферные выпадения; приземной слой атмосферы; продукты питания местного производства, техногенные радионуклиды, радиационный мониторинг, зона наблюдения, Ростовская область, Волгоградская область.

Поступила в редакцию 26.08.2019
После доработки 29.08.2019
Принята к публикации 03.09.2019

Развитие атомной отрасли сопровождается опасениями населения, проживающего на территориях размещения радиационно-опасных объектов (РОО), о росте радиационных факторов среды, которые могут негативно повлиять на здоровье. Несмотря на высокие показатели радиационной безопасности эксплуатации Ростовской АЭС (РоАЭС), пуск первого энергоблока которой состоялся в 2001 г., существенная часть местных жителей уверена в том, что эксплуатирующиеся в настоящее время четыре энергоблока атомной станции оказывают неблагоприятное воздействие как на окружающую среду, так и на их здоровье. В связи с этим, в работе поставлена цель – выполнить анализ динамики параметров, характеризующих радиационные факторы среды. В работе использовались результаты государственного мониторинга радиационной обстановки на территории России, проводимого Федеральной службой по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, и радиационно-гигиенического мониторинга, осуществляемого подразделениями Роспотребнадзора, находящиеся в открытом доступе на официальных сайтах соответствующих организаций [1-3].

В качестве параметров, характеризующих радиационные факторы атмосферы, были выбраны суммарная β -активность атмосферных выпадений, объемные значения суммарной β -активности в приземном слое воздуха. На территории Ростовской области в зоне наблюдения РоАЭС подразделением Росгидромета мониторинг радиационной

обстановки осуществляется в г. Цимлянске (21 км от атомной станции). Для сравнения были взяты соответствующие значения для Ростова-на-Дону (более 200 км от РоАЭС) и г. Нововоронеж, располагающийся на территории размещения другого РОО – Нововоронежской АЭС, эксплуатирующей энергоблоки с 1964 года. Период анализа динамики: с января 2008 г. по декабрь 2018 года.

Динамика среднемесячных значений суммарной β -активности атмосферных выпадений по сравниваемым территориям представлена на рисунке 1.

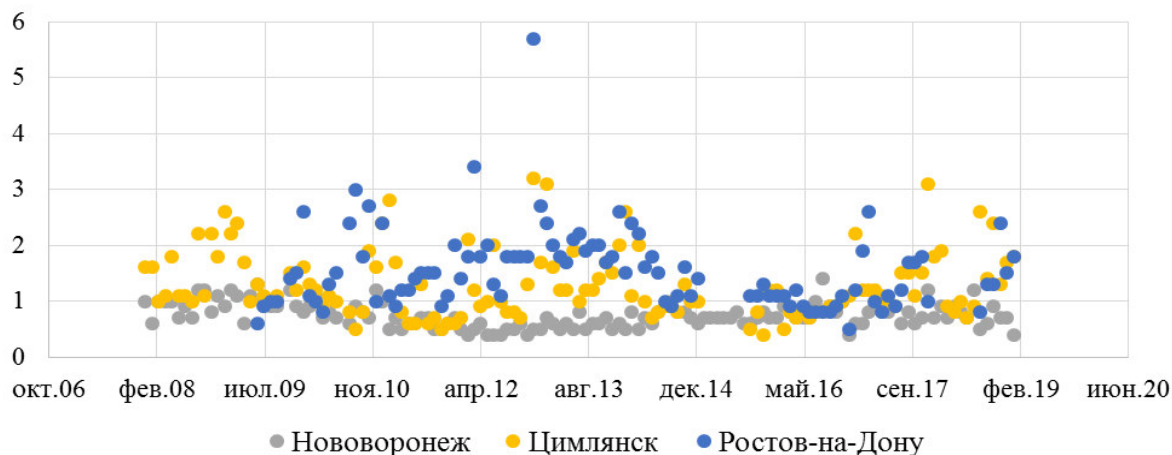


Рисунок 1 – Среднемесячные значения суммарной β -активности атмосферных выпадений, Бк/(м²·сутки) [Monthly average values of the total β -activity of atmospheric deposition, Bq / (m² · day)]

Для реализации консервативного подхода было выполнено сравнение рассматриваемых территорий по максимальным ежемесячным значениям анализируемого параметра (рис. 2).

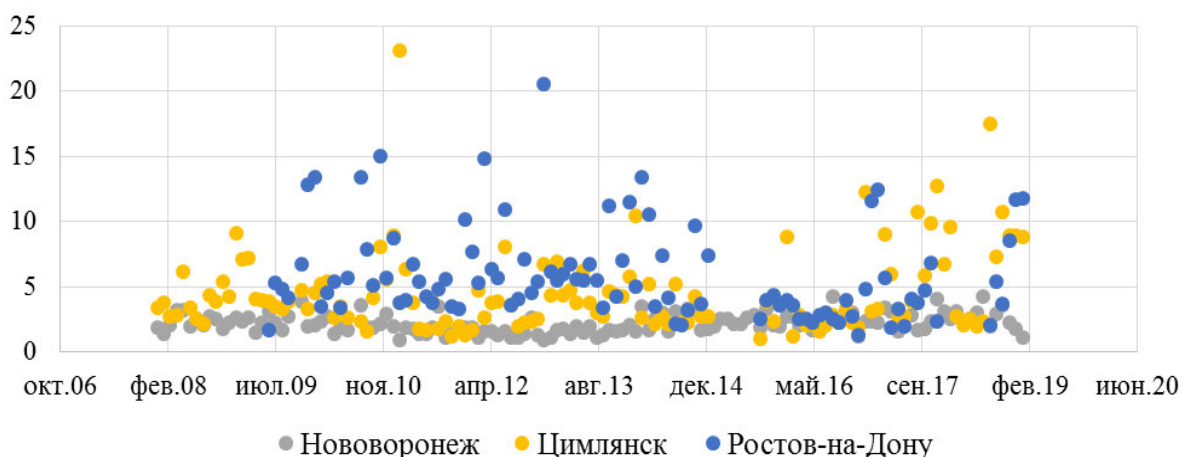


Рисунок 2 – Максимальные ежемесячные значения суммарной β -активности атмосферных выпадений, Бк/(м²·сутки) [The maximum monthly values of the total β -activity of atmospheric precipitation, Bq / (m² · day)]

Значительная колеблемость анализируемых показателей не позволила получить статистически значимые тренды. Поэтому для статистической характеристики совокупности данных были использованы математические ожидания и среднеквадратичные отклонения (табл. 1).

Таблица 1 – Статистические характеристики значений суммарной β -активности атмосферных выпадений [Statistical characteristics of the total β -activity of atmospheric deposition]

Населенный пункт	Многолетнее максимальное значение суммарной β -активности атмосферных выпадений, Бк/(м ² ·сутки)	Многолетнее среднее значение суммарной β -активности атмосферных выпадений, Бк/(м ² ·сутки)	Среднеквадратичное отклонение
Нововоронеж	4,3	0,74	0,22
Цимлянск	23,1	1,30	0,602
Ростов-на-Дону	20,5	1,54	0,712

Данные таблицы свидетельствуют о том, что несмотря на то, что за анализируемый период максимальное значение суммарной β -активности атмосферных выпадений было зафиксировано в г. Цимлянске, многолетнее среднее значение параметра наблюдалось в г. Ростов-на-Дону.

Аналогичный анализ был проведен для объемных значений суммарной β -активности в приземном слое воздуха (рис. 3, 4).

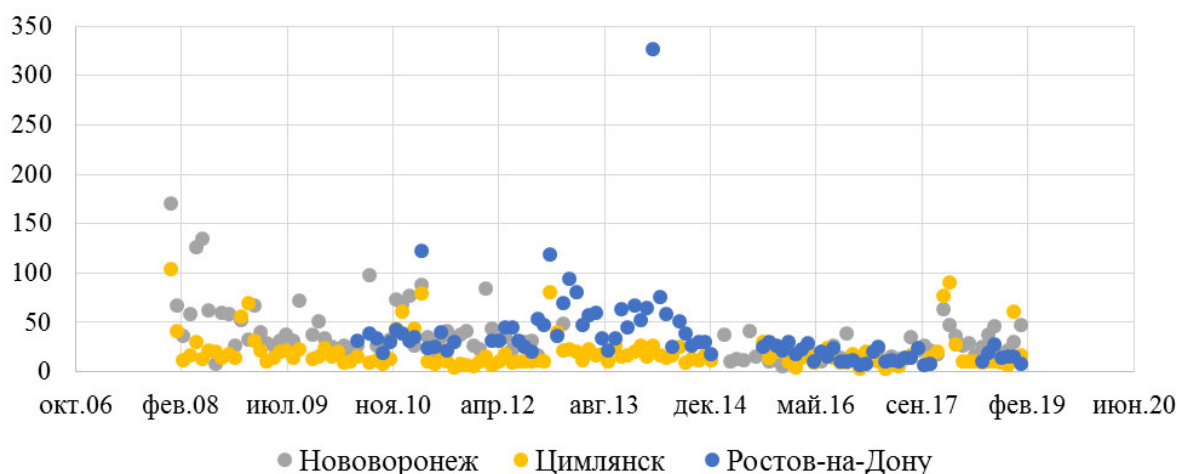


Рисунок 3 – Максимальные ежемесячные значения объемной суммарной β -активности приземного слоя воздуха, 10^{-5} Бк/м³ [The maximum monthly values of the total volume β -activity of the surface air layer, 10^{-5} Bq / m³]

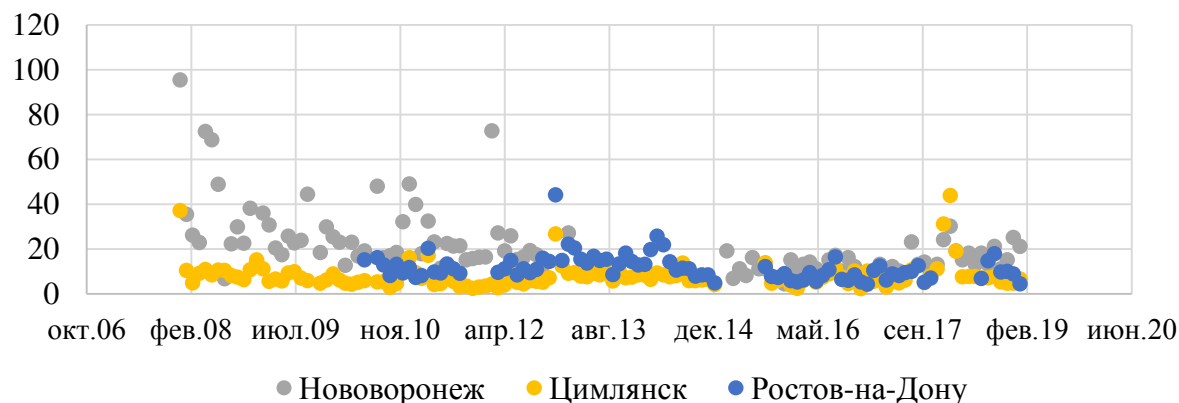


Рисунок 4 – Среднемесячные значения объемной суммарной β - активности приземного слоя воздуха, 10^{-5} Бк/м³ [Monthly mean values of the total volume β -activity of the surface air layer, 10^{-5} Bq / m³]

Сравнение распределения данных на рисунках 1-4 показывает, что значения параметров не зависят от срока эксплуатации энергоблоков и близости к АЭС.

Для статистической характеристики совокупности данных также были использованы математические ожидания и среднеквадратичные отклонения (табл. 2)

Таблица 2 – Статистические характеристики объемной суммарной β - активности приземного слоя воздуха [Statistical characteristics of the total volume β -activity of the surface air layer]

Населенный пункт	Многолетнее максимальное значение		Многолетнее среднее значение		
	$\times 10^{-5}$, Бк/м ³	% от ДОА*	$\times 10^{-5}$, Бк/м ³	Средне-квадратичное отклонение	% от ДОА*
Нововоронеж	171	0,006	21,47	14,81	0,0008
Цимлянск	104	0,004	8,05	5,85	0,0003
Ростов-на-Дону	327	0,012	11,57	5,73	0,0004

*ДОА – допустимая объемная активность

При этом многолетнее максимальное значение анализируемого параметра отмечалось в г. Ростов-на-Дону на уровне сотых долей процента от допустимой объемной активности, составляющей 27 Бк/м³[4], а многолетнее среднее значение – в г. Нововоронеж, но даже оно составляет десятитысячные доли процента от допустимого значения.

Потенциальной угрозой безопасности населения территории размещения атомной станции может выступать накопление радионуклидов, поступающих в окружающую среду в процессе ее эксплуатации. Это может привести к росту содержания радионуклидов в продуктах питания местного производства и повлиять на здоровье населения. В зоне наблюдения Ростовской АЭС (РоАЭС) проживает более 215 тысяч человек, более 80% данной территории используется как земли сельскохозяйственного назначения. Поэтому актуальным является анализ динамики содержания радионуклидов в продуктах, выращенных в зоне наблюдения Ростовской АЭС, преимущественно составляющих рацион местного населения.

При этом использовались результаты производственного контроля зоны наблюдения РоАЭС и данные Роспотребнадзора, представленные в радиационно-гигиенических паспортах территорий Ростовской и Волгоградской областей. При расчетах был использован статистический анализ данных в *MSExcел*.

Выполнен анализ динамики данных по суммарной β -активности десяти продуктов питания местного производства в зоне наблюдения за 2002-2017 гг. [5-9], то есть с начала эксплуатации РоАЭС. Для сравнения использовались аналогичные значения, полученные при исследовании радиационной обстановки в окружающей среде региона Ростовской АЭС в предпусковой период, которые получили название «нулевого фона» [10]. Примеры динамики параметра представлены на рисунке 5.

Приведенные графики свидетельствуют об отсутствии каких-либо значимых изменений, связанных с пуском энергоблоков, в динамике изучаемых показателей.

Так же, как и в предыдущем случае, не удалось получить статистически значимые тренды, что может свидетельствовать об отсутствии явно выраженной тенденции в динамике суммарной β -активности в продуктах питания. Поэтому были определены математические ожидания и среднеквадратичные отклонения рассматриваемых параметров для каждого продукта в сравнении с «нулевым фоном» (табл. 3).

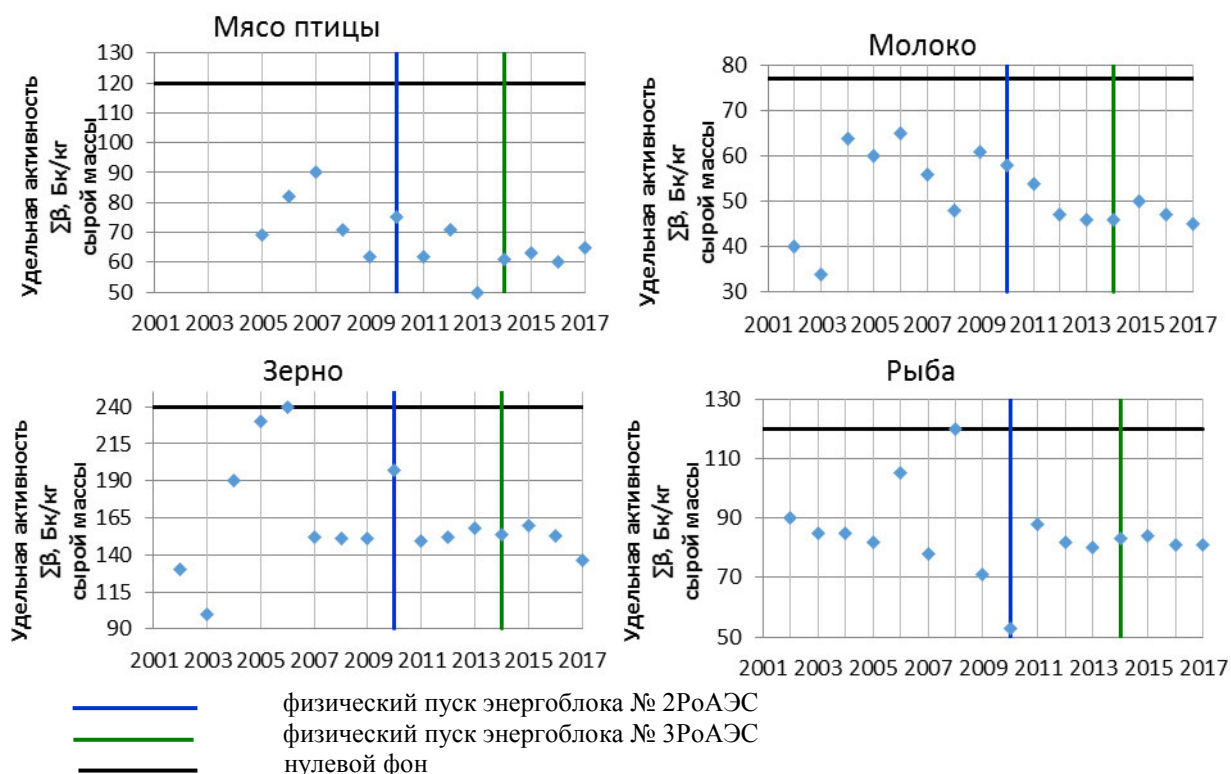


Рисунок 5 – Сравнительный анализ суммарной β -активности в продуктах питания, Бк/кг [Comparative analysis of total β -activity in food, Bq / kg]

В соответствии с «правилом трех сигм» с вероятностью 0,997 реальные значения показателя могут превышать среднее значение не более чем на три среднеквадратичных отклонения. Для большинства перечисленных продуктов указанная верхняя граница не превосходит соответствующих значений «нулевого фона». Вместе с тем, для таких продуктов как зерно, корнеплоды, ягоды, фрукты верхняя граница превышает «нулевой фон» на 10 и более процентов. Однако даже в этих случаях речь идет не о массовых превышениях, а об отдельных случайных отклонениях, вероятность которых мала.

Таблица 2 – Характеристика суммарной β -активности продуктов питания местного производства в зоне наблюдения, Бк/кг [Characterization of the total β -activity of locally produced food products in the observation zone, Bq / kg]

Продукт	Среднее значение	Среднее квадратичное отклонение	«Нулевой фон»
Зерно	162,69	35,62	240
Корнеплоды	117,44	16,94	128
Овощи	76,50	10,38	108
Рыба	84,25	14,14	120
Мясо (говядина)	87,14	9,92	120
Молоко	51,31	8,81	77
Ягоды	61,27	12,62	65
Мясо (птицы)	66,07	11,82	120
Фрукты	73,93	13,77	95
Яйцо кур.	46,62	7,01	70

К основным техногенным долгоживущим радионуклидам, вносящим свой вклад в уровень суммарной β -активности, относятся изотопы ^{137}Cs и ^{90}Sr . Динамика удельной

активности изотопов ^{137}Cs и ^{90}Sr в продуктах местного производства рассматривалась по зоне наблюдения РоАЭС [9], Ростовской [11] и Волгоградской [12] областей за период 2010-2017 гг. Примеры динамики среднегодовых показателей ^{137}Cs и ^{90}Sr представлены на рис. 6 и 7 соответственно.

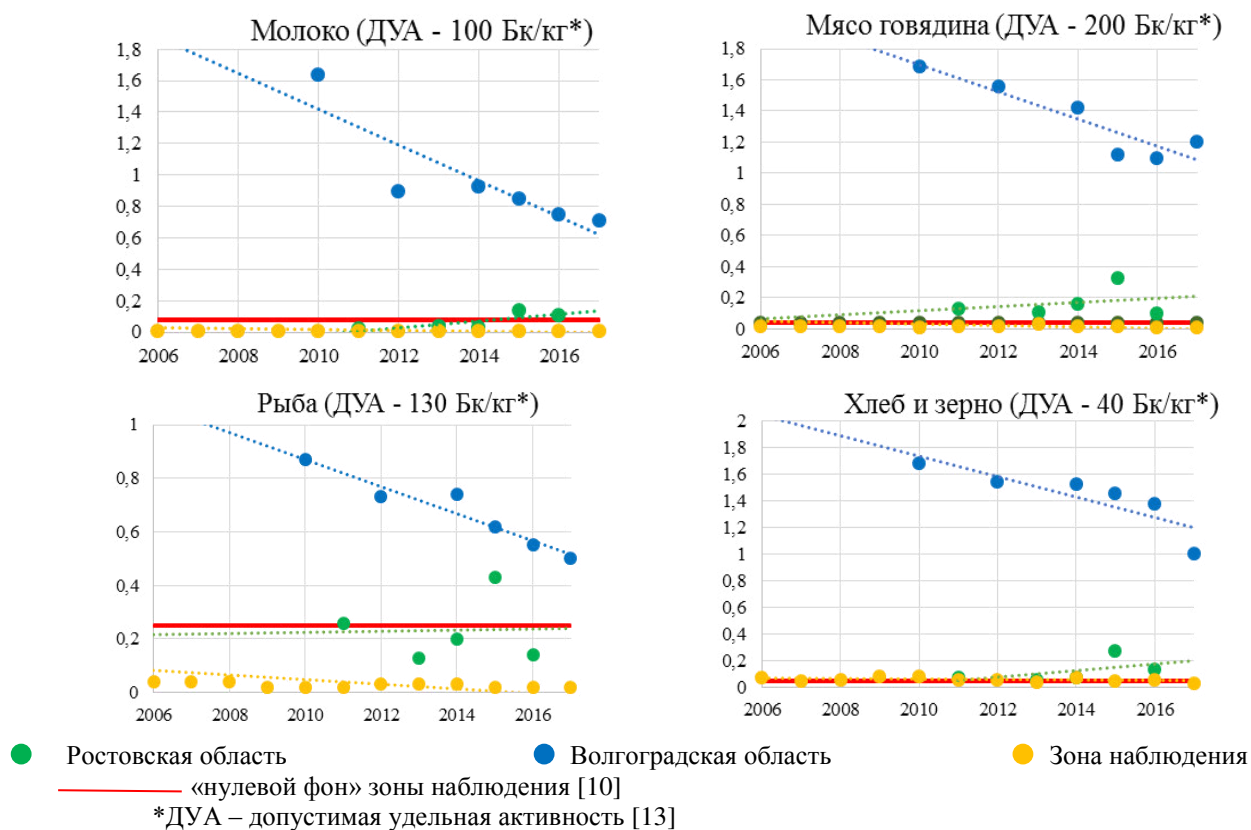


Рисунок 6 – Динамика среднегодовой удельной активности изотопа ^{137}Cs в продуктах питания, Бк/кг
 [Dynamics of the average annual specific activity of the ^{137}Cs isotope in food, Bq / kg]

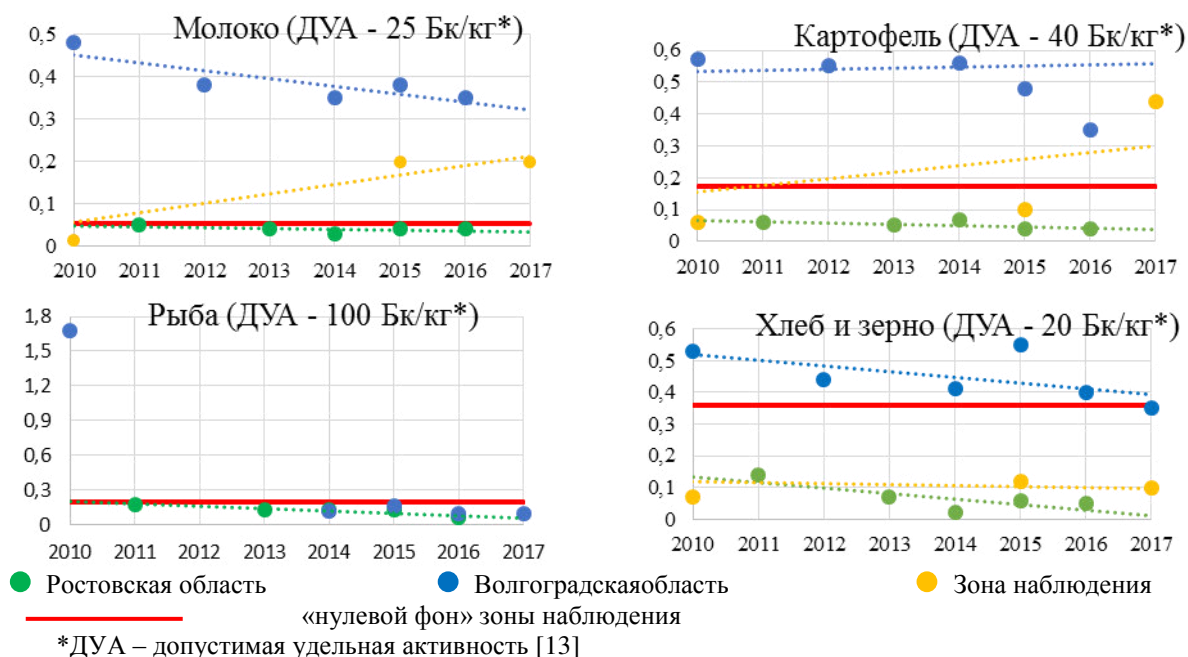


Рисунок 7 – Динамика среднегодовой удельной активности изотопа ^{90}Sr в продуктах питания, Бк/кг
 [Dynamics of the average annual specific activity of the ^{90}Sr isotope in food, Bq / kg]

Примеры динамики максимальных значений удельной активности изотопов ^{137}Cs и ^{90}Sr по рассматриваемым территориям представлены на рисунке 8.

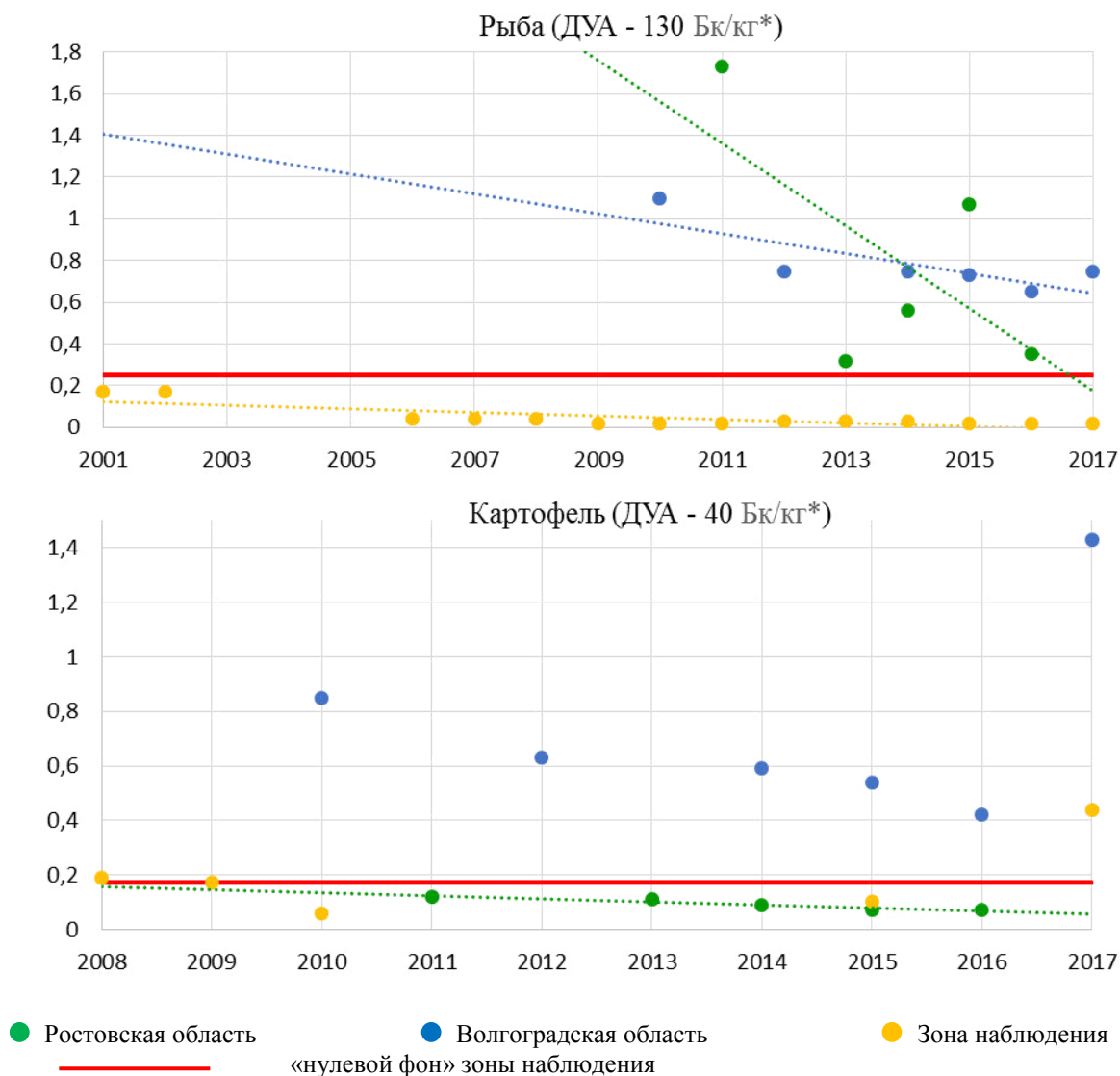


Рисунок 8 – Динамика максимальной удельной активности изотопов ^{137}Cs (Рыба) и ^{90}Sr (картофель), Бк/кг
 [Dynamics of the maximum specific activity of the isotopes ^{137}Cs (Fish) and ^{90}Sr (potatoes), Bq / kg]

Таким образом, выполненный анализ данных показал, что по рассматриваемым параметрам зона наблюдения Ростовской АЭС, а также Ростовская область в целом, не отличаются повышенным содержанием основных долгоживущих техногенных радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr в продуктах местного производства по сравнению с Волгоградской областью. Значения суммарной β -активности продуктов питания, выращенных на территории размещения атомной станции, находятся ниже показателей «нулевого фона».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Единая государственная автоматизированная система мониторинга радиационной обстановки на территории Российской Федерации / Справки, ежегодники по загрязнению ОС. – URL : <https://www.rpatyphoon.ru/products/pollution-media.php> (дата обращения: 22.03.2019).
2. Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды / Научно-производственное объединение «Тайфун» // Радиационная обстановка на территории России

- сопредельных государств. – URL : <http://www.rpatyphoon.ru/products/pollution-media.php> (дата обращения: 22.03.2019).
3. Управление федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Ростовской области / Доклады о состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения Ростовской области. – URL : <http://61.rosпотребнадзор.ru/> (дата обращения: 25.06.2019).
 4. СанПиН 2.6.1.2523 – 09 Нормы радиационной безопасности (НРБ – 99/2009) – Москва, 2009 – 87 с. – URL : http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_90936/
 5. Отчет «О радиационной обстановке в районе расположения Ростовской АЭС» за 2002 г. – Волгодонск: Ростовская АЭС-2003. – 18 с.
 6. Отчет «О радиационной обстановке в районе расположения Ростовской АЭС» за 2003 г. – Волгодонск: Ростовская АЭС-2004. – 22 с.
 7. Отчет «О радиационной обстановке в районе расположения Ростовской АЭС» за 2004 г. – Волгодонск: Ростовская АЭС-2005. – 25 с.
 8. Отчет «О радиационной обстановке в районе расположения Ростовской АЭС» за 2005 г. – Волгодонск: Ростовская АЭС-2006. – 25 с.
 9. Предварительные материалы оценки воздействия на окружающую среду (ОВОС) эксплуатации энергоблока № 3 в 18-месячном топливном цикле на мощности реакторной установки 104% от номинальной с вентиляторными градирнями. Книга 3. – Волгодонск-Валдай: ООО «НПО «Гидротехпроект» – 2018. – 366 с.
 10. Отчет «Радиационная обстановка в окружающей среде региона Ростовской АЭС в предпусковой период («нулевой фон»)». – Волгодонск – Ростов-на-Дону, 2000. – 137 с.
 11. Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Ростовской области / Радиационно-гигиенические паспорта территории Ростовской области. – URL : <http://www.61.rosпотребнадзор.ru> (дата обращения: 22.03.2019).
 12. Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Волгоградской области / Радиационно-гигиенические паспорта территории Волгоградской области. – URL : <http://34.rosпотребнадзор.ru> (дата обращения: 22.03.2019).
 13. СанПиН 2.3.2.1078-01 «Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов». – Москва, 2001 180 с. - URL : http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_5214/

REFERENCES

- [1] Edinaya gosudarstvennaya avtomatizirovannaya sistema monitoringa radiacionnoj obstanovki na territorii Rossijskoj Federacii [Unified State Automated System for Monitoring the Radiation Situation in the Russian Federation]. Spravki, ezhegodniki po zagryazneniyu OS [Inquiries, yearbooks on OS pollution]. URL: <https://www.rpatyphoon.ru/products/pollution-media.php> - accessed 22.03.2019 (in Russian).
- [2] Federal'naya sluzhba po gidrometeorologii i monitoringu okruzhayushchey sredy. Nauchno-proizvodstvennoye ob'yedineniye «Tyfun» [Federal Service for Hydrometeorology and Environmental Monitoring // Scientific and Production Association «Typhoon»]. Radiatsionnaya obstanovka na territorii Rossii i sopredel'nykh gosudarstv [Radiation Situation on the Territory of Russia and Neighboring States]. URL: <http://www.rpatyphoon.ru/products/pollution-media.php> - accessed 03.22.2019 (in Russian).
- [3] Upravleniye federal'noy sluzhby po nadzoru v sfere zashchity prav potrebiteley i blagopoluchiya cheloveka po Rostovskoy oblasti [Office of the Federal Service for Supervision of Consumer Rights Protection and Human Well-Being in the Rostov Region]. Doklady o sostoyanii sanitarno-epidemiologicheskogo blagopoluchiya naseleniya Rostovskoy oblasti [Reports on the State of the Sanitary-Epidemiological Welfare of the Rostov Region Population]. URL: <http://61.rosпотребнадзор.ru/> - accessed 25.06. 2019 (in Russian).
- [4] SanPiN 2.6.1.2523 – 09 Normy radiatsionnoy bezopasnosti (NRB – 99/2009) [SanPiN 2.6.1.2523 - 09 Radiation Safety Standards (NRB - 99/2009)]. 87 p. (in Russian).
- [5] Otchet «O radiatsionnoy obstanovke v rayone raspolozheniya Rostovskoy AES» za 2002 g. [Report «Radiation Situation in the Area of the Rostov NPP Location» for 2002]. 2003. 18 p. (in Russian).
- [6] Otchet «O radiatsionnoy obstanovke v rayone raspolozheniya Rostovskoy AES» za 2003 g. [Report «Radiation Situation in the Area of the Rostov NPP Location» for 2003]. 2004. 22 p. (in Russian).
- [7] Otchet «O radiatsionnoy obstanovke v rayone raspolozheniya Rostovskoy AES» za 2004 g. [Report «Radiation Situation in the Area of the Rostov NPP Location» for 2004]. 2005. 25 p. (in Russian).
- [8] Otchet «O radiatsionnoy obstanovke v rayone raspolozheniya Rostovskoy AES» za 2005 g. [Report «Radiation Situation in the area of the Rostov NPP Location» for 2005]. 2006. 25 p. (in Russian).

- [9] Predvaritel'nyye materialy otsenki vozdeystviya na okruzhayushchuyu sredu (OVOS) ekspluatatsii energobloka № 3 v 18-mesyachnom toplivnom tsikle na moshchnosti reaktornoy ustanovki 104% ot nominal'noy s ventilyatornymi gradirnyami. Kniga 3 [Preliminary Materials of the Environmental Impact Assessment (EIA) of the Operation of Power Unit No. 3 in the 18-month Fuel Cycle at a Reactor Plant Capacity of 104% of the Nominal with Cooling Towers. Book 3]. OOO «NPO«Gidrotekhproekt» [Gidrotekhproekt LLC NPO]. 2018. 366 p. (in Russian).
- [10] Otchet «Radiatsionnaya obstanovka v okruzhayushchey srede regiona Rostovskoy AES v predpuskovoy period («nulevoy fon»)» [Report «Radiation Situation of the Environment in the Area of the Rostov NPP Location during the Pre-Launch Period («Zero Background»)»]. 2000. 137 p. (in Russian).
- [11] Federal'naya sluzhba po nadzoru v sfere zashchity prav potrebiteley i blagopoluchiya cheloveka po Rostovskoy oblasti [Federal Service for Supervision of Consumer Rights Protection and Human Well-Being in the Rostov Region]. Radiatsionno-gigiyenicheskiye pasporta territorii Rostovskoy oblasti [Radiation-hygienic passports of the territory of the Rostov region]. URL: <http://www.61.rospotrebnadzor.ru> - accessed 22.03. 2019 (in Russian).
- [12] Federal'naya sluzhba po nadzoru v sfere zashchity prav potrebiteley i blagopoluchiya cheloveka po Volgogradskoy oblasti [Federal Service for Supervision of Consumer Rights Protection and Human Well-Being in the Volgograd Region]. Radiatsionno-gigiyenicheskiye pasporta territorii Volgogradskoy oblasti [Radiation-Hygienic Passports of the Volgograd Region Territory]. URL: <http://34.rospotrebnadzor.ru> - accessed 22.03. 2019 (in Russian).
- [13] SanPiN 2.3.2.1078-01 «Gigiyenicheskiye trebovaniya bezopasnosti i pishchevoy tsennosti pishchevykh produktov» [SanPiN 2.3.2.1078-01 «Hygienic Requirements for Safety and Nutritional Value of Food»]. 180 p. (in Russian).

The Radiation Factors Dynamics Analysis of the Rostov NPP Location Area

I.A. Bublikova¹, O.F. Tsuverkalova²

Volgodonsk Engineering Technical Institute the branch of National Research Nuclear University "MEPhI", Lenin St., 73/94, Volgodonsk, Rostov region, Russia 347360

¹ORCID iD: 0000-0002-4857-5271

Publons: Irina Bublikova

e-mail: IABublikova@mephi.ru

²ORCID iD: 0000-0001-6304-4498

WoS Researcher ID: J-8183-2016

e-mail: ofttsuverkalova@mephi.ru

Abstract – The relevance of the work is determined by the fears of the population about increasing radioactive parameters of the environment in the area where the Rostov NPP is located. The methods of regression analysis are used to study the dynamics of the average and maximum values of the total β -activity of the near-surface air layer and atmospheric deposition obtained during state radiation monitoring. It is shown that the operation of power unit No. 1 for 17 years and the commissioning of new units did not lead to an increase in the analyzed parameters. The analysis of data on locally produced food products showed that the observation area of the Rostov NPP, as well as the Rostov region as a whole, does not have higher content of the main long-lived technogenic radionuclides ^{137}Cs and ^{90}Sr in comparison with the Volgograd region. The values of the total β -activity of food products grown on the territory of the nuclear power plant are below the «zero background» indicators.

Keywords: Rostov NPP; Tsimlyansk, Rostov-on-Don, total β -activity; atmospheric precipitation; surface layer of the atmosphere; locally produced food products, technogenic radionuclides, radiation monitoring, surveillance zone, Rostov Region, Volgograd Region.