

**ПРОБЛЕМЫ ЯДЕРНОЙ, РАДИАЦИОННОЙ  
И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ**

УДК 621.039

**АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ РОСТОВСКОЙ АЭС НА СОДЕРЖАНИЕ  $^{137}\text{Cs}$   
В ПРИРОДНЫХ ОБЪЕКТАХ ТРИДЦАТИКИЛОМЕТРОВОЙ ЗОНЫ**

© 2014 г. И.А. Бубликова, Е.А. Березина, Е.С. Хандурина

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

Выполнен анализ динамики содержания  $^{137}\text{Cs}$  в объектах окружающей среды, начиная от поступления его в атмосферу с газоаэрозольными выбросами Ростовской АЭС, до поступления в организм населения с продуктами питания местного производства. В результате был сделан вывод об отсутствии вклада атомной станции за весь период её эксплуатации в миграцию  $^{137}\text{Cs}$  в пределах тридцатикилометровой зоны. Тренды анализируемых параметров свидетельствуют об отсутствии процессов накопления  $^{137}\text{Cs}$  в среде и о безопасности населения по отношению к этому радиационному фактору.

*Ключевые слова:* газоаэрозольные выбросы, АЭС,  $^{137}\text{Cs}$ , динамика содержания, объекты окружающей среды.

Поступила в редакцию 27.08.2014 г.

При эксплуатации атомных станций актуальной является оценка миграции в объектах окружающей среды радионуклидов, содержащихся в их газоаэрозольных выбросах. Один из таких радионуклидов,  $^{137}\text{Cs}$ , вызывает особый интерес, поскольку имеет период полураспада 30 лет (то есть относится к категории долгоживущих), может активно мигрировать в окружающей среде и является одним из основных источников техногенного радиоактивного загрязнения.

Ростовская атомная электростанция (РоАЭС) эксплуатируется с 2001 года. В настоящее время действует два энергоблока, активно ведется строительство еще двух блоков. Потенциальные угрозы от РоАЭС на повышение радиационного фона вызывают большую обеспокоенность местного населения. Всего в тридцатикилометровой зоне АЭС проживает население общей численностью 215 тыс. человек, из них 170 тысяч, то есть 79,1 % общего населения рассматриваемой территории [1], – население г. Волгодонска, расположенного в 13,5 км от атомной станции.

В основном тридцати километровая зона АЭС представлена сельскохозяйственными угодьями. При этом значительную долю рациона населения составляют продукты местного производства, содержание радионуклидов в которых зависит от их присутствия в почве. Поэтому содержание в окружающей среде  $^{137}\text{Cs}$ , поступающего от АЭС, потенциально может значительно повлиять на дозовые нагрузки населения за счет внешнего и внутреннего облучения.

В связи с этим, была поставлена следующая цель: выполнить исследование данных контроля содержания  $^{137}\text{Cs}$  в объектах окружающей среды для определения уровня влияния Ростовской АЭС на экологическое благополучие населения территории размещения РоАЭС по этому радиационному фактору.

Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие задачи:

- 1) Выполнить анализ динамики содержания  $^{137}\text{Cs}$  в газоаэрозольных выбросах

Ростовской АЭС с учетом допустимых выбросов.

2) Исследовать вклад РоАЭС в содержание  $^{137}\text{Cs}$  в объектах окружающей среды.

3) Проанализировать уровень экологической опасности, связанный с содержанием цезия в тридцатикилометровой зоне Ростовской АЭС.

Для выполнения работы были использованы результаты радиационного контроля окружающей среды (РКОС) в районе размещения Ростовской АЭС, полученные участком РКОС Отдела радиационной безопасности атомной станции. Для анализа данных использовались инструменты математической статистики и регрессионного анализа *MS Excel*.

При анализе динамики содержания  $^{137}\text{Cs}$  в газоаэрозольных выбросах РоАЭС были рассмотрены результаты контроля выбросов РоАЭС в период с 2001 по 2012 годы. Средняя величина выбросов  $^{137}\text{Cs}$  за рассматриваемый период составила 1,18 МБк/год при допустимом выбросе – 2000 МБк/год в соответствии с СП АС-03. Для наглядности на рисунке 1 представлено поступление  $^{137}\text{Cs}$  от Ростовской АЭС в атмосферу в сравнении с разрешенным уровнем.

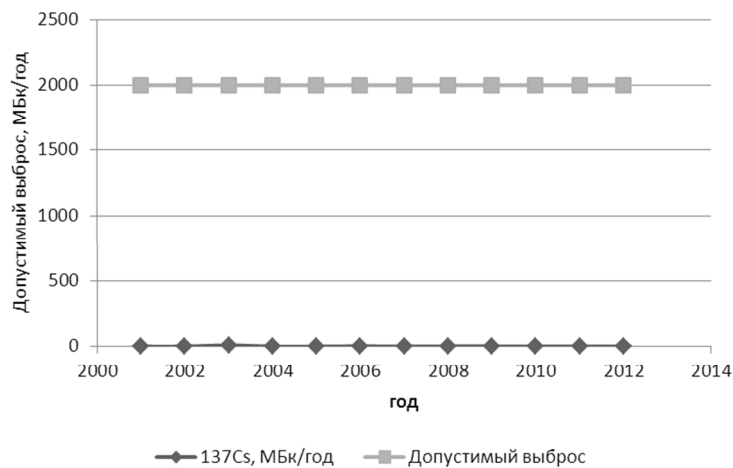


Рис. 1. – Динамика выбросов  $^{137}\text{Cs}$  Ростовской АЭС, МБк/год

Различия в уровне допустимых и фактических выбросов настолько велики, что при таком отображении данных ненулевые поступления  $^{137}\text{Cs}$  в атмосферу практически совпадают с осью абсцисс. Поэтому на рисунке 2 динамика годовых выбросов  $^{137}\text{Cs}$  представлена в процентах от допустимых значений за тот же период. Видно, что за весь срок эксплуатации Ростовской АЭС выброс  $^{137}\text{Cs}$  не превысил 0,5% от разрешенного уровня.

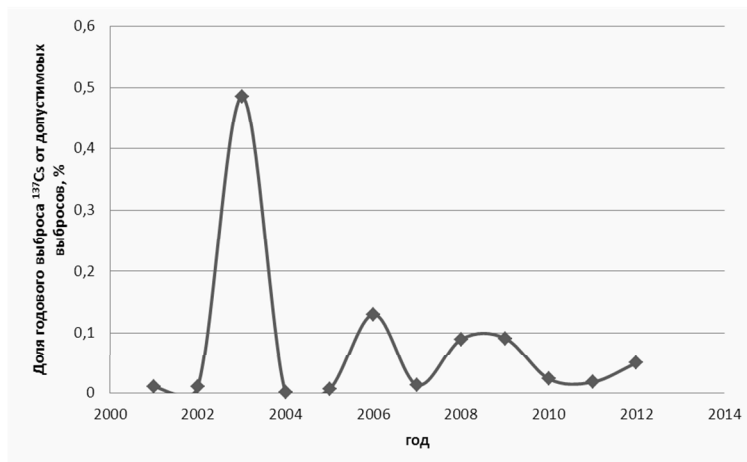


Рис. 2. – Годовые выбросы Ростовской АЭС  $^{137}\text{Cs}$ , % от допустимых значений

Уровень содержания техногенных радионуклидов, в нашем случае  $^{137}\text{Cs}$ , в атмосферном воздухе района расположения Ростовской АЭС формируется процессами переноса глобально рассеянных радионуклидов (продукты ядерных испытаний и аварии на Чернобыльской АЭС), а также поступление в атмосферу радионуклидов с газоаэрозольными выбросами самой станцией.

Контроль содержания радионуклидов в приземном слое атмосферы и плотности выпадений в зоне наблюдения Ростовской АЭС осуществляются участком РКЭС станции. Отбор аэрозолей из воздуха проводится на десяти стационарных постах, оснащенных фильтровентиляционными установками [2].

За период наблюдений 2001-2012 гг. уровень содержания радионуклидов в приземном воздухе и в атмосферных выпадениях в пунктах контроля зоны наблюдения Ростовской АЭС находился ниже минимально детектируемой активности. Влияние газозольных выбросов Ростовской АЭС на объемную активность радионуклидов в приземном слое атмосферного воздуха и в атмосферных выпадениях не выявлено.

Поступая из постоянного источника, которым является РоАЭС,  $^{137}\text{Cs}$  постепенно накапливаясь, может стать фактором негативного влияния на безопасность населения. Из атмосферы часть  $^{137}\text{Cs}$  поступает в поверхностный слой почвы, поэтому далее рассмотрим динамику его содержания в почвах тридцатикилометровой зоны.

Для анализа влияния РоАЭС на присутствие  $^{137}\text{Cs}$  в поверхностном слое почвы были использованы данные за период с 2006 по 2013 гг. для 6 пробных площадок, расположенных на разном расстоянии от атомной станции и по-разному ориентированных от АЭС по сторонам света (рис. 3). Характеристики их местоположения представлены в таблице 1.



Рис. 3. – Схема расположения пробных площадок в регионе Ростовской АЭС

Таблица 1. – Характеристики местоположения пробных площадок

№ п/п	Место отбора пробы	Расстояние от РоАЭС, км	Ориентация по сторонам света	Номер позиции на схеме
1.	Промплощадка АЭС	0	–	1
2.	ст. Жуковская	9,5	Ю	4
3.	х. Харсеев	5	ВСВ	2
4.	с. Дубовское	35	СВ	3
5.	ст. Старосолоновская	16	ЮЗ	6
6.	ст. Подгоренская	4,5	ЮВ	5

Прежде всего, был выполнен анализ трендов содержания  $^{137}\text{Cs}$  на указанных территориях, представленный на рисунке 4 для определения возможного повышения содержания радионуклида.

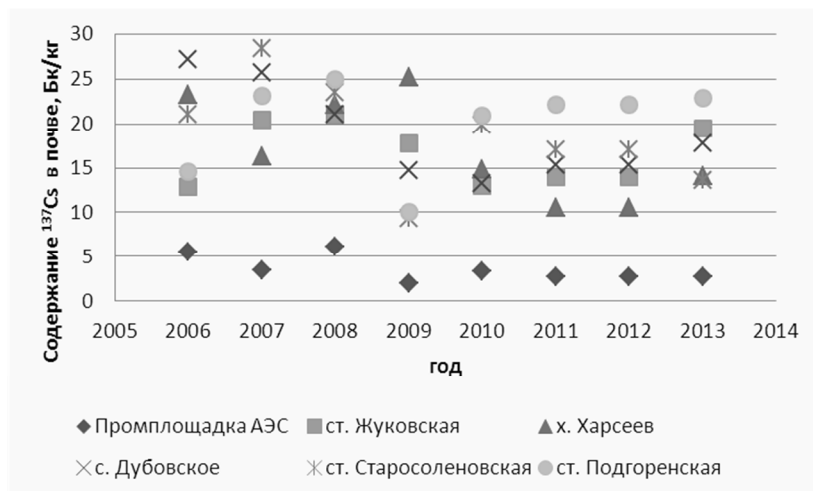


Рис. 4. – Динамика содержания  $^{137}\text{Cs}$  на пробных площадках

Анализ полученных результатов моделирования показывает, что информационного значения уравнения трендов не имеют, поскольку коэффициенты детерминации ( $R^2$ ) имеют маленькие величины. Только для х. Харсеев и с. Дубовское  $R^2$  близок к 0,5, но для этих площадок коэффициент перед переменной  $x$ , отражающий угол наклона аппроксимирующей прямой к оси абсцисс, отрицательный. Это свидетельствует о том, что накоплений  $^{137}\text{Cs}$  на указанных территориях не наблюдается. Для других мест отбора проб соответствующие коэффициенты имеют как положительное, так и отрицательное значение, но как указывалось выше, это не значимо. Таким образом, предположение, что в процессе эксплуатации Ростовской АЭС происходит накопление  $^{137}\text{Cs}$  в почве, не нашло своего подтверждения.

Был проведен анализ возможного влияния выбросов  $^{137}\text{Cs}$  Ростовской АЭС в атмосферу на его содержание в поверхностном слое почвы. Для этого были получены зависимости присутствия рассматриваемого изотопа в почве от выброса РoАЭС за предшествующий год (рис. 5).

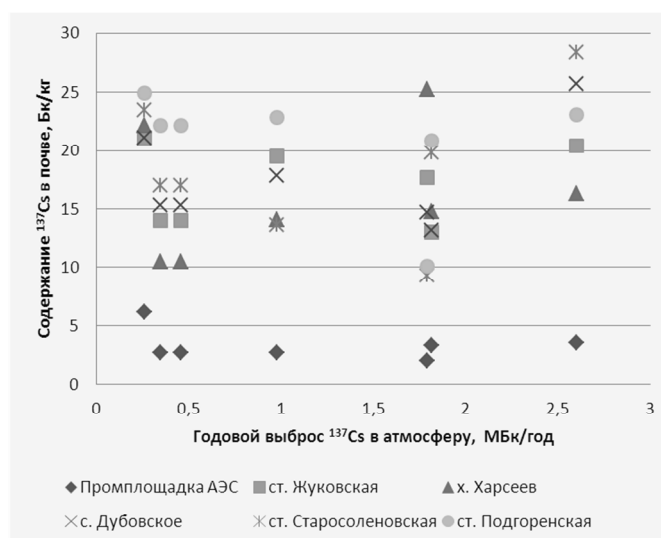


Рис. 5. – Зависимость содержание  $^{137}\text{Cs}$  в почве пробных площадок (Бк/кг) от его выбросов в течение предыдущего года (МБк/год)

Полученные результаты с учетом низких значений  $R^2$ , свидетельствуют об отсутствии влияния поступления  $^{137}\text{Cs}$  с газоаэрозольными выбросами РoАЭС в атмосферу в течение года на последующее содержание его в поверхностном слое почвы рассматриваемых пробных площадок. Таким образом, выявить вклад Ростовской АЭС в загрязнение изотопом цезия почвы не представляется возможным.

Поскольку организмы обладают способностью накапливать различные загрязнения до концентраций, превышающих соответствующие значения в абиотической среде, и если этот эффект будет наблюдаться для территории размещения Ростовской АЭС, то несмотря на минимальное содержание рассматриваемого радионуклида в воздухе и почве, его накопление в растениях и животных может достичь опасных значений для конечного потребителя в трофической цепи – человека. Поэтому необходимо выполнить анализ содержания  $^{137}\text{Cs}$  в продуктах питания, выращенных в зоне потенциального негативного влияния Ростовской АЭС.

Значительную долю рациона населения тридцатикилометровой зоны Ростовской АЭС составляют продукты местного производства. Контроль содержания радионуклидов в продуктах питания местного производства осуществляется участком РКOC ОРБ РoАЭС. Пробы овощей и фруктов отбирались в коллективных садах г. Волгодонска «Мирный атом», «Мичуринец» и «Восход» перед уборкой урожая.

Выполнить анализ динамики содержания  $^{137}\text{Cs}$  в продуктах питания оказалось невозможно, так как присутствие  $^{137}\text{Cs}$  оказалось менее уровня минимальной детектируемой активности используемых методов. Поэтому рассматривался такой показатель как суммарная  $\beta$ -активность продуктов в период 2002 – 2011 гг. Анализ динамики суммарной  $\beta$ -активности в продуктах питания местного производства показал, что рассматриваемый параметр не превышал соответствующие значения, полученные до пуска РoАЭС в эксплуатацию (нулевой фон), однако можно проследить значительную близость к значениям нулевого фона. Незначительные превышения нулевого фона наблюдались только по ягодам в 2007г. По всем продуктам тенденции на увеличение суммарной  $\beta$ -активности не наблюдалась.

В природной среде присутствует и другой  $\beta$ -излучатель,  $^{40}\text{K}$ . Для оценки вклада данного радионуклида в суммарное значение  $\beta$ -активности построена её зависимость от содержания  $^{40}\text{K}$  и  $^{137}\text{Cs}$  в поверхностном слое почвы (рис. 6), которая позволяет сделать вывод, что суммарная  $\beta$ -активность прямо пропорциональна содержанию  $^{40}\text{K}$ :

$$y = 0,8192x + 20,743; R^2 = 0,8104.$$

При этом от изменения содержания в почве  $^{137}\text{Cs}$  суммарная  $\beta$  – активность почв практически не зависит:  $y = 0,0213x + 4,412; R^2 = 0,0455$ .

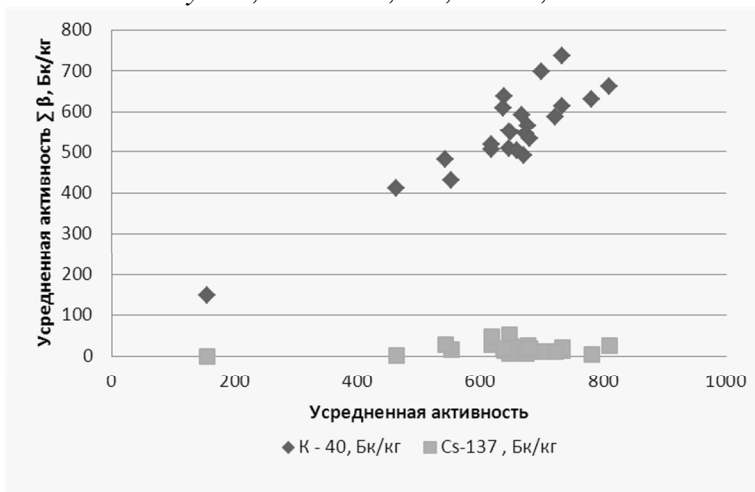


Рис. 6. – Зависимость  $\beta$ -активности поверхностного слоя почвы от содержания  $^{40}\text{K}$  и  $^{137}\text{Cs}$

Таким образом, в ходе выполнения работы были получены следующие результаты:

- показано, что за весь срок эксплуатации Ростовской АЭС годовой выброс  $^{137}\text{Cs}$  не превысил 0,5% от допустимого уровня;
- предположение, что в процессе эксплуатации Ростовской АЭС происходит накопление  $^{137}\text{Cs}$  в почве, не нашло своего подтверждения;
- не выявлен вклад Ростовской АЭС в загрязнение изотопом цезия почвы;
- показатели суммарной  $\beta$ -активности в продуктах питания местного производства в анализируемый период не превышали соответствующие значения нулевого фона;
- <sup>40</sup> – суммарная  $\beta$ -активность почв прямо пропорциональна содержанию природного  $^{40}\text{K}$  и практически не зависит от присутствия в пробе  $^{137}\text{Cs}$ .

В целом, радиационный фон в окружающей среде территории размещения Ростовской АЭС в рассматриваемый период находился на уровне «нулевого» фона.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ростовская АЭС. Оценка воздействия на окружающую среду эксплуатации энергоблока №3. R.06198.9.0.61. [Текст], в 10-ти томах. Том 6 Социально-экономическая характеристика района размещения. – Нижний Новгород: ОАО «НИАЭП», 2012.
2. Малаева, Т.Ю. Радиационный контроль района размещения Ростовской АЭС [Текст] / Т. Ю. Малаева // Глобальная ядерная безопасность. – 2012. – №4. – С. 7–13.

## Research of the Rostov NPP Influence on the $^{137}\text{Cs}$ Contents in Environmental Objects

I.A. Bublikova\*, E.A. Berezina\*\*, E.S. Khandurina\*\*\*

*Volgodonsk Engineering Technical Institute the Branch  
of National Research Nuclear University «MEPhI», 73/94  
Lenin St., Volgodonsk, Rostov region, Russia 347360  
\*e-mail: IABublikova@mephi.ru ; \*\*e-mail: berezina1505@gmail.com ;  
\*\*\*e-mail: elena-khandurina@rambler.ru*

**Abstract** – The analysis of dynamics of the  $^{137}\text{Cs}$  contents in environmental objects is made, from its entering with gas and aerosol emissions of the Rostov nuclear power plant in the atmosphere till its penetrating into human organism with food of local production. The conclusion about lack of the NPP contribution in  $^{137}\text{Cs}$  migration within the thirty-kilometer zone was drawn. Trends of analyzed parameters show lack of processes of  $^{137}\text{Cs}$  accumulation in the environment and safety of the population towards this radiation factor.

*Keywords:* gas and aerosol emissions, NPP,  $^{137}\text{Cs}$ , dynamics of contents, environmental objects.

### REFERENCES

- [1] Rostovskaja AJeS. Ocenka vozdejstvija na okruzhajushhujju sredu jekspluatacii jenergobloka №3. R.06198.9.0.61 [Rostov NPP. Assessment of impact on environment of the power unit №3 operation. R.06198.9.0.61.], v 10-ti tomah [in 10 volumes]. Tom 6 Social'no-jekonomicheskaja harakteristika rajona razmeshhenija [Volume 6 Social and economic characteristic of the area]. Nizhnij Novgorod: Pub. «NIAJeP» [JSC NIAEP], 2012. (in Russian)
- [2] Malaeva T.Ju. Radiacionnyj kontrol' rajona razmeshhenija Rostovskoj AJeS [Radiation control of the Rostov NPP area]. Globalnaja jadernaja bezopasnost [Global Nuclear Safety]. 2012, №4, ISSN 2305-414X, pp. 7–13 (in Russian)