
**ПРОБЛЕМЫ ЯДЕРНОЙ, РАДИАЦИОННОЙ
И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ**

УДК 621.039

**АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ РОСТОВСКОЙ АЭС НА ДИНАМИКУ
СОДЕРЖАНИЯ ^{60}Co В ПОВЕРХНОСТНОМ СЛОЕ ПОЧВЫ
ТЕРРИТОРИИ РАЗМЕЩЕНИЯ**

© 2015 И.А. Бубликова

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

Потенциальное повышение радиационного фона, связанное с эксплуатацией Ростовской АЭС, вызывает большую обеспокоенность жителей региона размещения АЭС, в основном представленного сельскохозяйственными угодьями. Одним из техногенных радионуклидов, который потенциально может нарушить экологическое благополучие населения, является ^{60}Co .

Цель работы: исследовать влияние Ростовской АЭС на динамику ^{60}Co в поверхностном слое почвы зоны наблюдения, что влияет на уровень радиационной безопасности населения территории её размещения.

Для осуществления цели, необходимо решить ряд задач:

- проанализировать динамику содержания ^{60}Co в выбросах Ростовской АЭС;
- исследовать взаимосвязь содержания рассматриваемого радионуклида в поверхностном слое почвы территории размещения станции и его выбросов Ростовской АЭС;
- выполнить анализ динамики содержания ^{60}Co в поверхностном слое почвы.

Для исследования были использованы отчеты о радиационной обстановке в районе расположения РоАЭС за период с 2002 г. по 2013 г., предоставленные отделом радиационной безопасности атомной станции. Для анализа данных использовались инструменты математической статистики и регрессионного анализа *MS Excel*.

Основные выводы:

1) За период с 2002 г. по 2013 г. годовой выброс ^{60}Co РоАЭС не превысил 1% от допустимых значений, а максимальное значение выброса рассматриваемого радионуклида за месяц составило менее 5 % от соответствующего контрольного уровня.

2) Не подтверждено предположение, что имеется связь между газоаэрозольными выбросами РоАЭС и содержанием ^{60}Co в поверхностном слое почвы зоны наблюдения РоАЭС.

3) Определено, что содержание ^{60}Co в поверхностном слое почвы пробных площадок на территории размещения РоАЭС за период с 2006 г. по 2013 г. экспоненциально снижалось, при этом для 4 из 7 пробных площадок снижение активности рассматриваемого радионуклида хорошо согласуется с законом радиоактивного распада.

В целом, кобальт-60, поступающий с выбросами Ростовской АЭС в атмосферу, не накапливается в поверхностном слое почвы зоны наблюдения и, следовательно, не влияет на радиационную безопасность, как объектов природной среды, так и населения, проживающего на территории размещения атомной станции.

Ключевые слова: Ростовская АЭС, ^{60}Co ; поверхностный слой почвы, зона наблюдения, регрессионный анализ.

Поступила в редакцию 15.12.2015 г.

Ростовская атомная электростанция (РоАЭС) эксплуатируется с 2001 года. Потенциальное повышение радиационного фона вызывают большую обеспокоенность жителей региона размещения АЭС, в основном представленного сельскохозяйственными угодьями. При этом значительную долю рациона населения

составляют продукты местного производства, содержание радионуклидов в которых зависит от их присутствия в почве.

В период работы ядерного реактора образуется большое количество радионуклидов – инертные радиационные газы, а также продукты коррозии и деления, часть из которых поступает в окружающую среду с газоаэрозольными выбросами атомной станции. Одним из таких радионуклидов является ^{60}Co с периодом полураспада 5,27 лет.

Стабильный кобальт относится к биогенным элементам. Это предопределяет усвоение радиоактивных изотопов кобальта биотой при доступности их в среде. Поэтому содержание в окружающей среде ^{60}Co , поступающего от АЭС с газоаэрозольными выбросами, потенциально может в значительной степени влиять на дозовые нагрузки населения рассматриваемой территории за счет внешнего и внутреннего облучения, что и определяет актуальность выполненной работы.

В связи с этим, была поставлена цель по исследованию влияния Ростовской АЭС на динамику ^{60}Co в поверхностном слое почвы зоны наблюдения, что определяет уровень экологического благополучия населения территории её размещения.

Для осуществления цели, необходимо выполнить ряд задач:

- проанализировать динамику содержания ^{60}Co в выбросах Ростовской АЭС;
- исследовать взаимосвязь содержания рассматриваемого радионуклида в поверхностном слое почвы территории размещения станции и его выбросов Ростовской АЭС;
- выполнить анализ динамики содержания ^{60}Co в поверхностном слое почвы.

Для исследования динамики радиационных воздействий атомной станции на окружающую среду были использованы отчеты о радиационной обстановке в районе расположения РoАЭС за период с 2002 г. по 2013 г., предоставленные отделом радиационной безопасности атомной станции [1]. Для анализа данных использовались инструменты математической статистики и регрессионного анализа *MS Excel*.

Анализ динамики ^{60}Co в газоаэрозольных выбросах РoАЭС показал, что за рассматриваемое время годовая активность выбросов рассматриваемого радионуклида в среднем составила 12,64 МБк/год с максимальным значением 60,9 МБк/год при установленном допустимом выбросе 7,4 ГБк/год [2]. При этом попытка нанести на один график (рисунок 1) как значение допустимого выброса рассматриваемого радионуклида, так и динамику его годовых выбросов привела к тому, что значения второго параметра выглядят как нули. Поэтому на рисунке 2 годовые выбросы ^{60}Co выражены в процентах от допустимых значений. Видно, что рассматриваемый параметр за весь анализируемый период не превысил 1%. Наблюдается явное снижение выбросов ^{60}Co в атмосферу с 2004 г. по 2013 г. При этом пуск второго энергоблока в 2010 г. не сопровождался увеличением выбросов в атмосферу рассматриваемого радионуклида по сравнению с предыдущими годами работы первого блока.

Для контроля газоаэрозольных выбросов независимо от числа действующих энергоблоков на промплощадке АЭС в СП АС-03 устанавливаются контрольные уровни (КУ) выбросов за сутки и за месяц. КУ ^{60}Co за месяц установлен на уровне 620 МБк [2].

Анализируя выбросы данного радионуклида в течение каждого года периода с 2002 по 2013 гг., было определено, что основной выброс кобальта-60 в окружающую среду приходится на период планово-предупредительных работ (ППР) и капитальных предупредительных работ. Остальное время каждого года выброс радионуклида находился ниже минимально-детектируемой активности. При этом не каждый период ППР сопровождался ростом выбросов, что связано с составом проводимых ремонтных работ. Проанализировав значения выбросов за месяц за время всех ППР

рассматриваемого периода, пришли к выводу, что в течение каждого из них контрольный уровень выброса ^{60}Co превышен не был, при этом максимальное значение выброса за месяц в 2003 г. составило менее 5 % установленного СПАС-03 [2] контрольного уровня.

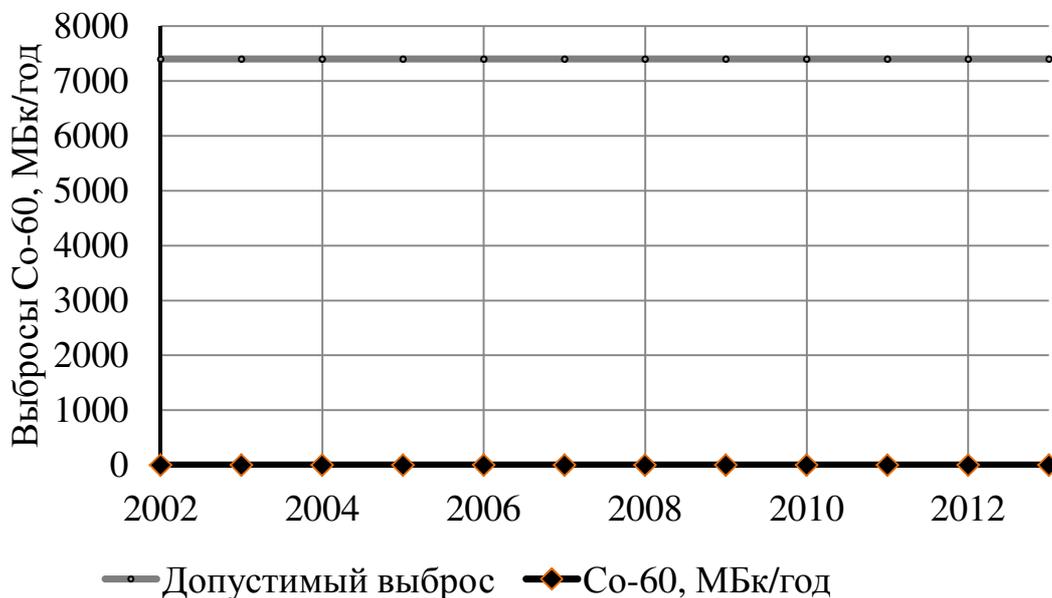


Рис. 1. – Динамика годовых выбросов ^{60}Co Ростовской АЭС в сравнении с величиной допустимого выброса

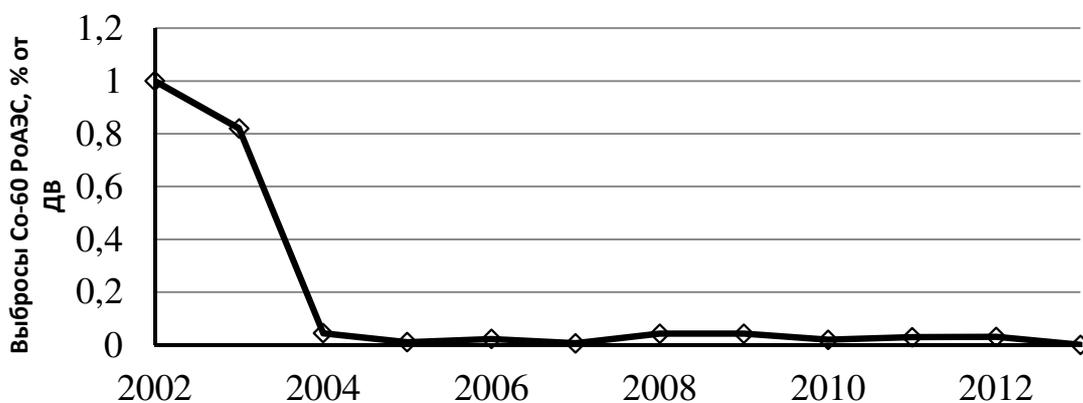


Рис. 2. – Годовые выбросы ^{60}Co Ростовской АЭС в процентах от допустимого выброса

Таким образом, Ростовской АЭС выбросами ^{60}Co в целом за год и за каждый месяц в отдельности в рассматриваемый период не был превышен не только уровень допустимого выброса за год, но и контрольные уровни за месяц соответственно.

Однако атомная станция, являясь источником с небольшими, но постоянными воздействиями на окружающую среду, потенциально может вызвать накопление радионуклида в почве, участвующей в массообменных процессах с атмосферой.

Для анализа влияния РоАЭС на присутствие рассматриваемого радионуклида в поверхностном слое почвы были использованы данные, полученные отделом по радиационной безопасности АЭС за период с 2006 по 2013 гг.

Чтобы наиболее полно получить представление о распределении ^{60}Co по зоне наблюдения РоАЭС, были выбраны 8 пробных площадок (ПП) по-разному

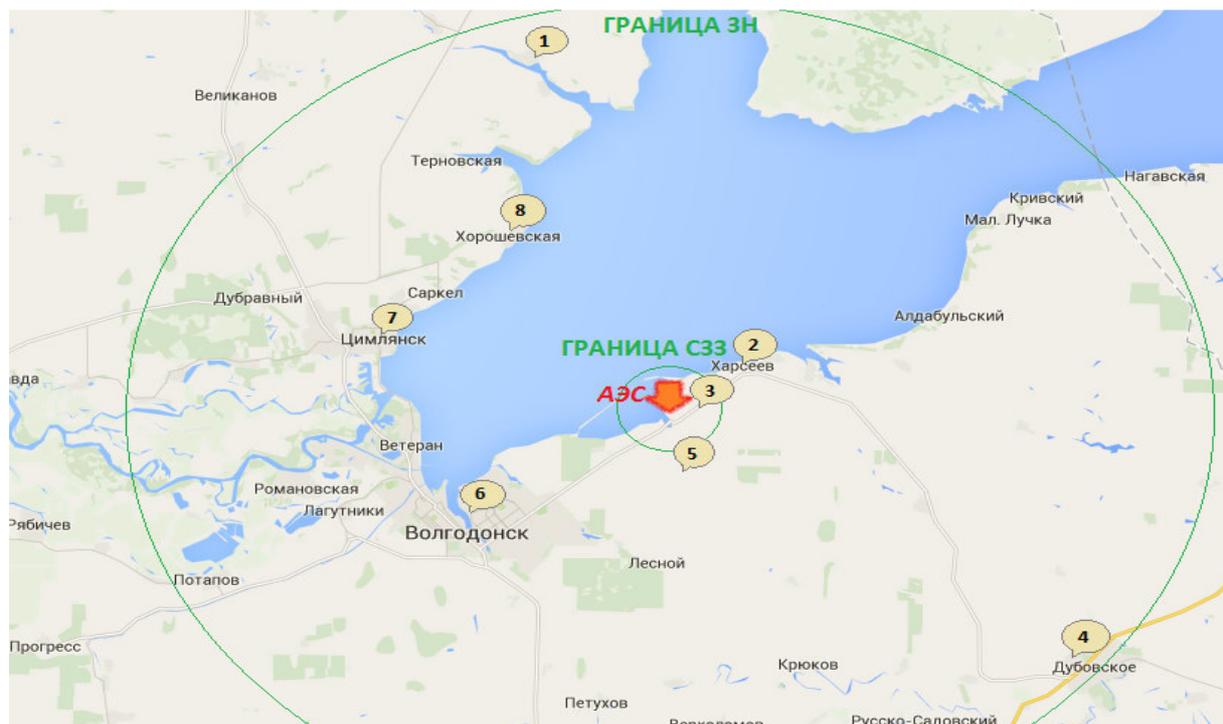
ориентированных по сторонам света от АЭС (рисунок 3).

С целью определения влияния РоАЭС на присутствие радионуклида в почве был проведен регрессионный анализ в *MS Excel* зависимости удельной активности ^{60}Co в поверхностном слое почвы ПП от газоаэрозольного выброса радионуклида за предыдущий год по всем пробным площадкам.

Полученные результаты даже с учетом низких значений коэффициентов детерминации свидетельствуют об отсутствии влияния поступления рассматриваемого радионуклида с газоаэрозольными выбросами РоАЭС в атмосферу в течение года на динамику его последующего содержания в поверхностном слое почвы рассматриваемых пробных площадок. Таким образом, выявить вклад Ростовской АЭС в загрязнение почвы ^{60}Co не представляется возможным.

Для определения возможного накопления содержания кобальта-60 в поверхностном слое почвы, была рассмотрена динамика удельной активности радионуклида с анализом полученных уравнений трендов.

На рисунках 4, 5 представлена динамика содержания ^{60}Co в поверхностном слое почвы шести пробных площадок территории размещения РоАЭС. Разбиение данных осуществлялось следующим образом: на рисунке 5 представлены ПП по направлениям северо-восток (х. Харсеев), восток (кювета №8), юго-восток (с. Дубовское); на рисунке 6 - юг (ст. Подгоренская), юго-запад (ст. Старосоленовская) и промплощадка РоАЭС.



Место пробной площадки	№ на схеме	Место пробной площадки	№ на схеме
ст. Калининская	1	ст. Подгоренская	5
х. Харсеев	2	ст. Старосоленовская	6
кювета №8	3	г. Цимлянск	7
с. Дубовское	4	ст. Хорошевская	8

Рис. 3. – Расположение пробных площадок в зоне наблюдения РоАЭС

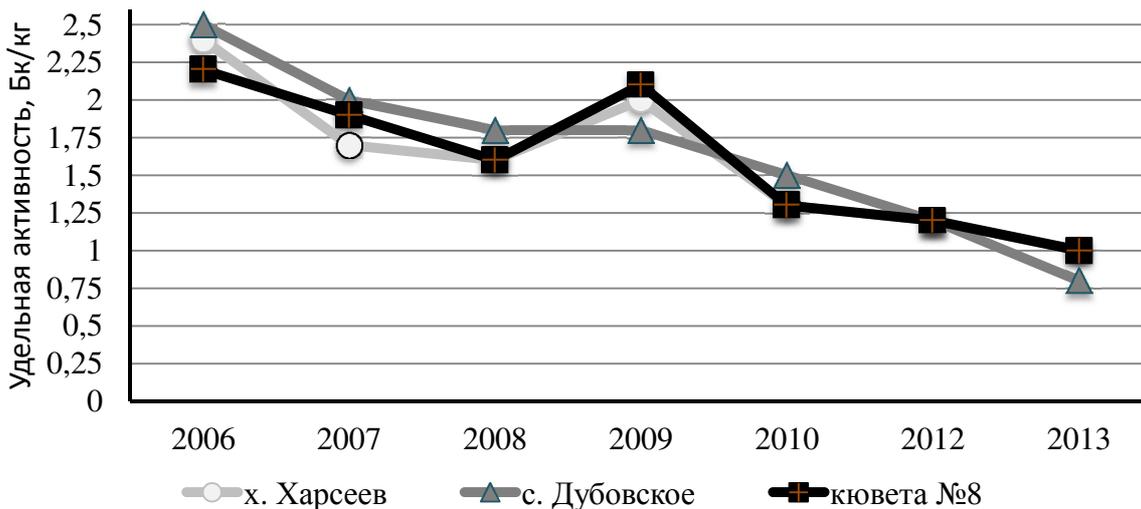


Рис. 4. – Динамика удельной активности ^{60}Co в поверхностном слое почвы

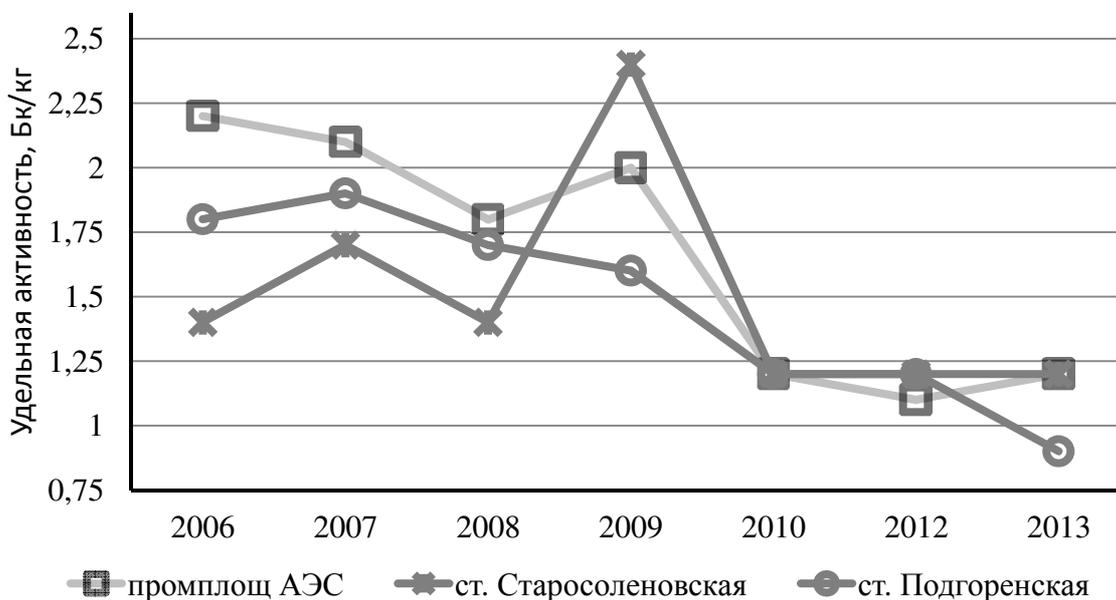


Рис. 5. – Динамика удельной активности ^{60}Co в поверхностном слое почвы

Были получены уравнения трендов и коэффициенты детерминации для каждой пробной площадки, представленные в таблице. Аппроксимация тренда была выполнена экспоненциальной зависимостью.

Полученные уравнения трендов содержания ^{60}Co в поверхностном слое почв для девяти пробных площадок за период с 2006 г. по 2013 г. отражают отсутствие накопления данного радионуклида в почве, поскольку рассматриваемый показатель во всех случаях экспоненциально снижается. При этом для шести ПП коэффициенты детерминации аппроксимирующих зависимостей имеют значения выше 0,75, что характеризует их высокую информационную значимость. Только для ст. Старосоленовской (восточный микрорайон г. Волгодонска) из-за большого разброса данных полученное уравнение тренда информационно не значимо.

Таблица 1. – Моделирование удельной активности ^{60}Co в поверхностном слое почвы

Месторасположение ПП	Уравнение тренда	Коэффициент детерминации
Промплощадка АЭС	$y=2,6373e^{-0,126x}$	0,811
ст. Жуковская	$y=2,6588e^{-0,150x}$	0,763
х. Харсеев	$y=2,5471e^{-0,126x}$	0,804
Кювета №8	$y=2,5596e^{-0,125x}$	0,798
с. Дубовское	$y=3,0352e^{-0,165x}$	0,907
ст. Подгоренская	$y=2,3020e^{-0,120x}$	0,885
ст. Старосоленовская	$y=1,7555e^{-0,047x}$	0,158

Известно, что закон радиоактивного распада отражает экспоненциальное снижение числа атомов исходного нуклида. Для ^{60}Co постоянная распада равна 0,131. При сравнении этого параметра и коэффициентов перед x в математических моделях таблицы, видно, что для четырех пробных площадок значения близки. В этих уравнениях тренда коэффициент перед x может быть интерпретирован как постоянная распада. И можно предположить, что динамика снижения активности ^{60}Co в поверхностном слое почвы этих пробных площадок определяется его распадом. На остальных ПП на динамику ^{60}Co более значимо накладываются процессы вертикальной и горизонтальной миграции радионуклида.

К сожалению, имеющиеся в распоряжении автора данные не позволили выявить источник и время поступления ^{60}Co в почву, и при проведении исследований радиационной обстановки территории размещения Ростовской АЭС до её пуска этот радионуклид не анализировался [3]. Но, с учетом полученных выше закономерностей, можно предположить, что присутствие ^{60}Co в почвах региона размещения РоАЭС обусловлено малоинтенсивным глобальным загрязнением биосферы техногенными радионуклидами.

ВЫВОДЫ

1) За период с 2002 г. по 2013 г. годовой выброс ^{60}Co РоАЭС не превысил 1% от допустимых значений, а максимальное значение выброса рассматриваемого радионуклида за месяц составило менее 5 % от соответствующего контрольного уровня.

2) Не подтверждено предположение, что имеется связь между газоаэрозольными выбросами РоАЭС и содержанием ^{60}Co в поверхностном слое почвы зоны наблюдения РоАЭС.

3) Определено, что содержание ^{60}Co в поверхностном слое почвы пробных площадок на территории размещения РоАЭС за период с 2006 г. по 2013 г. экспоненциально снижалось, при этом для четырех из семи пробных площадок снижение активности рассматриваемого радионуклида хорошо согласуется с законом радиоактивного распада.

В целом, кобальт-60, поступающий с выбросами Ростовской АЭС в атмосферу, не накапливается в поверхностном слое почвы зоны наблюдения и, следовательно, не влияет на радиационную безопасность, как объектов природной среды, так и населения, проживающего на территории размещения атомной станции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Отчет «О радиационной обстановке в районе расположения Ростовской АЭС» за 2002–2013 гг. Филиал ОАО «Концерн Росэнергоатом» «Ростовская Атомная Станция» [Текст]. – Волгодонск, 2013.
2. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы СанПин 2.6.1.24-03 «Санитарные правила проектирования и эксплуатации атомных станций (СП АС-03)» [Текст]. – [Б.м.], [Б.г.]. – 37 с.
3. Отчёт «Радиационная обстановка в окружающей среде региона Ростовской АЭС в предпусковой период» («Нулевой фон»), Волгодонск – Ростов-на-Дону, 2000 [Текст]. – [Б.м.], [Б.г.]. – 129 с.

REFERENCES

- [1] Otchet «O radiacionnoj obstanovke v rajone raspolozheniya Rostovskoj AES za 2002–2013 gg» [The report "About a radiation situation in the Rostov NPP area" during 2002-2013.]. Volgodonk. Pub. Filial ОАО «Koncern Rosenergoatom» «Rostovskaya Atomnaya Stanciya» ["Rostov Nuclear Power plant" branch of JSC Rosenergoatom Concern], 2013. (in Russian)
- [2] Sanitarно-epidemiologicheskie pravila i normativy SanPin 2.6.1.24-03 "Sanitarnye pravila proektirovaniya i ekspluatatsii atomnyx stancij (SP AS-03)" [Sanitary and epidemiologic rules and standards SanRaN 2.6.1.24-03 "Health regulations of nuclear power plants design and operation (SR AS-03)"]. Bez mesta, bez goda [Without place, without date]. 37 p. (in Russian)
- [3] Otchyot «Radiacionnaya obstanovka v okruzhayushhej srede regiona Rostovskoj AES v predpuskovoij period» («Nulevoj fon») [The report "A radiation situation in environment of the Rostov NPP region during the prestarting period" ("A zero ground")]. Volgodonk – Rostov-na-Donu [Volgodonk – Rostov-on-Don], 2000. 129 p. (in Russian)

The Analysis of the Rostov NPP Influence on ^{60}CO Contents Dynamics in Upper Soil Stratum of Its Territory

I.A. Bublikova

*Volgodonk Engineering Technical Institute the branch of National Research Nuclear University «MEPhI»,
73/94 Lenin St., Volgodonk, Rostov region, Russia 347360
e-mail: IABublikova@mephi.ru*

Abstract – BACKGROUND The potential increase of a radiation background connected with Rostov NPP operation cause big concern of inhabitants of the NPP region which is generally presented by agricultural grounds. One of technogenic radionuclides which can potentially break ecological wellbeing of the population, is ^{60}CO .

OBJECTIVES We investigated the influence of the Rostov NPP on ^{60}CO contents dynamics in upper soil stratum of its territory that influences on population safety radiation level of the territory of its placement.

It is necessary to solve the following problems:

- to analyse ^{60}CO Contents Dynamics in the Rostov NPP emissions;
- to investigate interrelation of the considered radionuclide content in upper soil stratum of Rostov NPP territory and its emissions;
- to make the analysis of ^{60}CO contents dynamics in upper soil stratum.

METHODS The Rostov NPP radiation situation reports 2002 - 2013 provided by NPP radiation safety department were used for research. MS Excel data tools of mathematical statistics and regression analysis were used for the analysis.

CONCLUSIONS:

- 1) The Rostov NPP annual ^{60}CO emission didn't exceed 1% of admissible values, and the maximum value of considered radionuclide emission in a month made less than 5% of the appropriate reference level during 2002 – 2013.
- 2) The assumption that there is a relation between the Rostov NPP gas-aerosol emissions and the ^{60}CO contents in upper soil stratum of Rostov NPP territory isn't confirmed.

3) It is defined that the ^{60}Co contents in upper soil stratum of the Rostov NPP trial platforms during 2006 - 2013 decreased exponentially. Thus for 4 of 7 trial platforms decrease of considered radionuclide activity are coordinated well according to the radioactive decay law.

RESULTS In general, the cobalt-60 entering with the Rostov NPP emissions in the atmosphere doesn't collect in supervision zone upper soil stratum. Therefore, it doesn't influence on radiation safety both environmental objects and the population living in the NPP territory.

Keywords: Rostov NPP, ^{60}Co ; upper soil stratum, supervision zone, regression analysis.