

Анализ результатов радиационного контроля приземного слоя атмосферы в районе размещения Нововоронежской АЭС

В настоящей работе приводится анализ результатов радиационного контроля приземного слоя атмосферы в районе размещения Нововоронежской АЭС за период 2005–2015 гг. Проведена математическая обработка результатов контроля, выявлены и обоснованы тенденции (или их отсутствие) изменения радиационных параметров окружающей среды. Результаты анализа могут быть использованы при обосновании безопасности объектов использования атомной энергии, в том числе в ходе лицензионных процедур, при взаимодействии с органами исполнительной власти, экологическими и общественными организациями и т. д.

**В.П.Поваров, С.В.Росновский,
О.В.Росновская,
А.С.Димитрийчев, В.Н.Карасев**

(Филиал АО «Концерн Росэнергоатом»
«Нововоронежская АЭС», г. Нововоронеж
Воронежской обл.)

Актуальность проблемы

Радиационный контроль окружающей среды (РКОС) является важнейшей составляющей радиационного контроля, осуществляемого в процессе эксплуатации объектов использования атомной энергии.

Требования к объему радиационного контроля окружающей среды, осуществляемого в период эксплуатации АЭС, определены [1].

В общем случае РКОС включает в себя:

- контроль мощности дозы гамма-излучения и годовой дозы на местности;
- контроль загрязнения атмосферного воздуха, почвы, растительности, воды открытых водоемов;
- контроль загрязнения продуктов питания и кормов местного производства.

Ключевые слова:

радиационный контроль, приземный слой, окружающая среда.

Отбор проб окружающей среды производится на промплощадке, в СЗЗ и ЗН АС. Пункты наблюдения располагают относительно АС по четырем основным направлениям: в направлении от АС, совпадающем с господствующим направлением ветров в данной местности и, соответственно, в противоположном и перпендикулярном направлениях. Кроме того, проводятся наблюдения в контрольном пункте, который должен быть расположен с наветренной стороны от АС за пределами ЗН.

Детальные требования к организации мониторинга текущего радиационного состояния объектов окружающей среды определены методическими указаниями АО «Концерн Росэнергоатом» [2], а также внутренней документацией НВАЭС.

Объем измерений РКос в районе размещения Нововоронежской АЭС согласован с Межрегиональным Управлением N 33 ФМБА РФ.

В соответствии с требованиями [2], должен систематически проводиться анализ динамики изменения радиационных параметров во времени. На основании результатов анализа должны разрабатываться и реализовываться корректирующие меры при обнаружении изменений кратковременного характера или приниматься программы дополнительных исследований при обнаружении изменений долговременного характера. Установлен объем проводимого анализа и критерии принятия необходимых решений [2].

В настоящей работе приводится анализ результатов радиационного контроля приземного слоя атмосферы в районе размещения Нововоронежской АЭС за период 2005–2015 гг. Проведена математическая обработка результатов контроля, выявлены и обоснованы тенденции (или их отсутствие) изменения радиационных параметров окружающей среды. Результаты анализа могут быть использованы при обосновании безопасности объектов использования атомной энергии, в том числе в ходе лицензи-

онных процедур, при взаимодействии с органами исполнительной власти, экологическими и общественными организациями и т. д.

2. Методология проведения анализа

В соответствии с требованиями МУ 1.1.4.01.1531-2018, при анализе проводятся:

А) сравнение текущих результатов радиационного контроля в данной точке с результатами предыдущих радиационных измерений, проведенных в той же точке;

Б) сравнение результатов измерений в данной точке с результатами, полученными при измерениях в контрольной точке, расположенной за границей влияния АЭС;

В) сравнение результатов радиационного контроля с «нулевым фоном»;

Г) оценка соответствия контролируемого объекта нормативным требованиям.

2.1. Сравнение текущих результатов РК с результатами измерений в этой же точке за прошлые периоды

Этот вид анализа используют для установления динамики (краткосрочного и долгосрочного характера) изменения радиационного состояния в контролируемой точке. Показатели динамики изменения радиационного состояния объекта устанавливают для серии последовательных измерений. При этом сравнивают не абсолютные значения контролируемых параметров, а их приращения за определенный промежуток времени с учетом суммарной неопределенности РК.

Изменение радиационного состояния объекта (краткосрочного характера) может быть описано посредством коэффициента R , численно равного отношению приращения контролируемой величины между последовательными наблюдениями:

$$R_{B,j} = \frac{B_j - B_{j-1}}{B_{j-1}}, \quad (1)$$

где B_j – контролируемая величина, соответствующая j -му измерению (или моменту времени, например, году).

В общем случае в процессе наблюдения за объектом динамика может быть положительной ($R > 0$) (уровни загрязнения нарастают с течением времени), отрицательной ($R < 0$) (уровни загрязнения уменьшаются) или вообще отсутствовать ($R \approx 0$) (уровни загрязнения остаются постоянными).

Изменение радиационного состояния объекта отсутствует, если при сопоставлении результатов РК с результатами предыдущих однотипных радиационных измерений выполняется соотношение:

$$|R_{B,j}| \leq \Delta_{R,B}^{0,95} / B_{j-1} \quad (2)$$

Здесь:

$$\Delta_R^{0,95} = 2 \cdot \sqrt{u_{B,j}^2 \cdot B_j^2 + u_{B,j-1}^2 \cdot B_{j-1}^2}, \quad j = 1, \dots, n,$$

где n – номер текущего измерения; u_B – относительная стандартная суммарная неопределенность результата РК объекта (определения контролируемой величины B).

При выполнении соотношения

$$R_{B,j} > \Delta_{R,j}^{0,95} / B_{j-1} \quad (3)$$

констатируется наличие положительной динамики изменения радиационного состояния объекта (кратковременного характера).

Выполнение соотношения (3) для ряда последовательных лет наблюдений позволяет говорить о долговременном характере данного процесса. Так, например, в случае выполнения соотношения (3) для года ($j = n - k, \dots, n$) констатируется факт наличия за последние k лет наблюдений долговременной положительной динамики изменения радиационного состояния объекта.

В целях анализа изменения радиационного состояния объекта ОС [2] рекомендовано проводить сопоставление текущих результатов РК с соответствующими средними значениями результатов РК за предшествующие годы наблюдений, например, за последние пять лет эксплуатации АС. При этом изменение радиационного состояния контролируемого объекта отсутствует, если при сопоставлении результатов текущего РК со средними значениями контролируемых величин за $N = 5$ предшествующих последовательных лет выполняется соотношение¹:

$$R_{B,N} \leq 3. \quad (4)$$

Здесь:

$$R_{B,N} = \frac{B}{\tilde{B}_N}, \quad \tilde{B}_N = \frac{\sum_{i=1}^N B_i}{N}, \quad (5)$$

где B – текущее значение контролируемой величины; B_i – значение контролируемой величины в i -м году; \tilde{B}_N – среднее значение контролируемой величины за N предшествующих последовательных лет.

В случае, если

$$R_{B,N} > 3, \quad (6)$$

констатируется факт значимого изменения радиационного состояния контролируемого объекта. В этом случае должны проводиться дополнительные контрольные измерения.

2.2. Сравнение результатов РК объекта с результатами радиационного контроля в контрольном пункте (КП)

Техногенное воздействие АС на радиационное состояние контролируемого объекта отсутствует, если при сопоставлении результатов контроля данного объекта с результатами РК

¹ Критерий (4) основан на оценке принадлежности результата измерения экспериментальной выборке, состоящей из результатов предыдущих последовательных измерений, и принадлежащих нормальному закону распределения. В случае выполнения (6) следует, что результат текущего измерения не принадлежит исходной выборке, составленной из результатов предшествующих измерений. Исходя из этого, применять данный критерий для сопоставления результата следующего за ним года с результатами предшествующих измерений некорректно ввиду наличия в предшествующем году результата измерения, статистически не принадлежащего используемой выборке. В данном случае более корректно сравнивать результат $N+1$ года с прежней выборкой, т. е. выборкой, не включающей результат измерения N -го года.

аналогичного объекта в контрольном пункте, расположенном вне зоны влияния АС, выполняется соотношение:

$$|R_{B,КП}| \leq \Delta_{R,КП}^{0,95} / B_{КП}. \quad (7)$$

Здесь:

$$R_{B,КП} = \frac{B - B_{КП}}{B_{КП}}, \quad \Delta_{R,КП}^{0,95} = 2 \cdot \sqrt{u_B^2 \cdot B^2 + u_{B_{КП}}^2 \cdot B_{КП}^2},$$

где $R_{B,КП}$ – коэффициент, характеризующий отличие радиационного состояния контролируемого объекта от состояния аналогичного объекта в КП (по аналогичным контролируемым величинам); B – текущее значение контролируемой величины; $B_{КП}$ – значение контролируемой величины в КП.

При выполнении соотношения

$$|R_{B,КП}| > \Delta_{R,КП}^{0,95} / B_{КП} \quad (8)$$

констатируется факт отличия радиационного состояния контролируемого объекта от объекта, выбранного в качестве контрольного.

2.3. Сравнение результатов РК с «нулевым фоном»

Техногенное воздействие АС на радиационное состояние контролируемого объекта отсутствует, если при сопоставлении результатов измерений активности проб с «нулевым фоном» (результатами РК объекта до пуска АС) выполняется соотношение:

$$|R_{B,0}| \leq \Delta_{R,0}^{0,95} / B_0. \quad (9)$$

Здесь:

$$R_{B,0} = \frac{B - B_0}{B_0}, \quad \Delta_{R,0}^{0,95} = 2 \cdot \sqrt{u_B^2 \cdot B^2 + u_{B_0}^2 \cdot B_0^2},$$

где $R_{B,0}$ – коэффициент, характеризующий отличие текущего радиационного состояния контролируемого объекта от его состояния до пуска АС («нулевого фона»); B – текущее значение контролируемой величины; B_0 – значение контролируемой величины до пуска АС («нулевого фона»).

При выполнении соотношения

$$|R_{B,0}| > \Delta_{R,0}^{0,95} / B_0 \quad (10)$$

констатируется факт отличия радиационного состояния контролируемого объекта от его состояния до пуска АС («нулевого фона»).

2.4. Оценка соответствия контролируемого объекта нормативным требованиям

Контролируемый объект признается соответствующим нормативным требованиям, если

$$\sum_i \frac{B_i}{L_i} + \Delta_{\Sigma}^{0,95} \leq 1 + \alpha, \quad \Delta_{\Sigma}^{0,95} = \sqrt{\sum_i \left(\frac{\Delta_{B_i}^{0,95}}{L_i} \right)^2}, \quad (11)$$

где B_i – значение контролируемой величины для i -го нуклида контролируемого объекта; L_i – установленный норматив (или КУ) по i -му нуклиду для контролируемого объекта; α – задаваемый компетентным органом (правилами, указаниями, рекомендациями) параметр, характеризующий безусловно приемлемую неопределенность (в относительных единицах) данного вида радиационного контроля. Параметр α устанавливается в МВК объекта.

В случае несоблюдения соотношения (11) контролируемый объект должен быть признан не соответствующим нормативным требованиям.

3. Анализ динамики результатов измерений объемной активности радионуклидов в приземном слое атмосферы в районе размещения НВАЭС в 2005–2015 гг.

Система РК ОС Нововоронежской АЭС включает в себя 7 аспирационных постов, предназначенных для контроля активности приземного слоя воздуха. Схема расположения аспирационных постов на местности приведена на рис.1.

В рамках данной работы проводился анализ результатов измерений активности в приземном слое воздуха в районе размещения аспирационного поста N 1. Указанный пост находится на территории промплощадки НВАЭС,

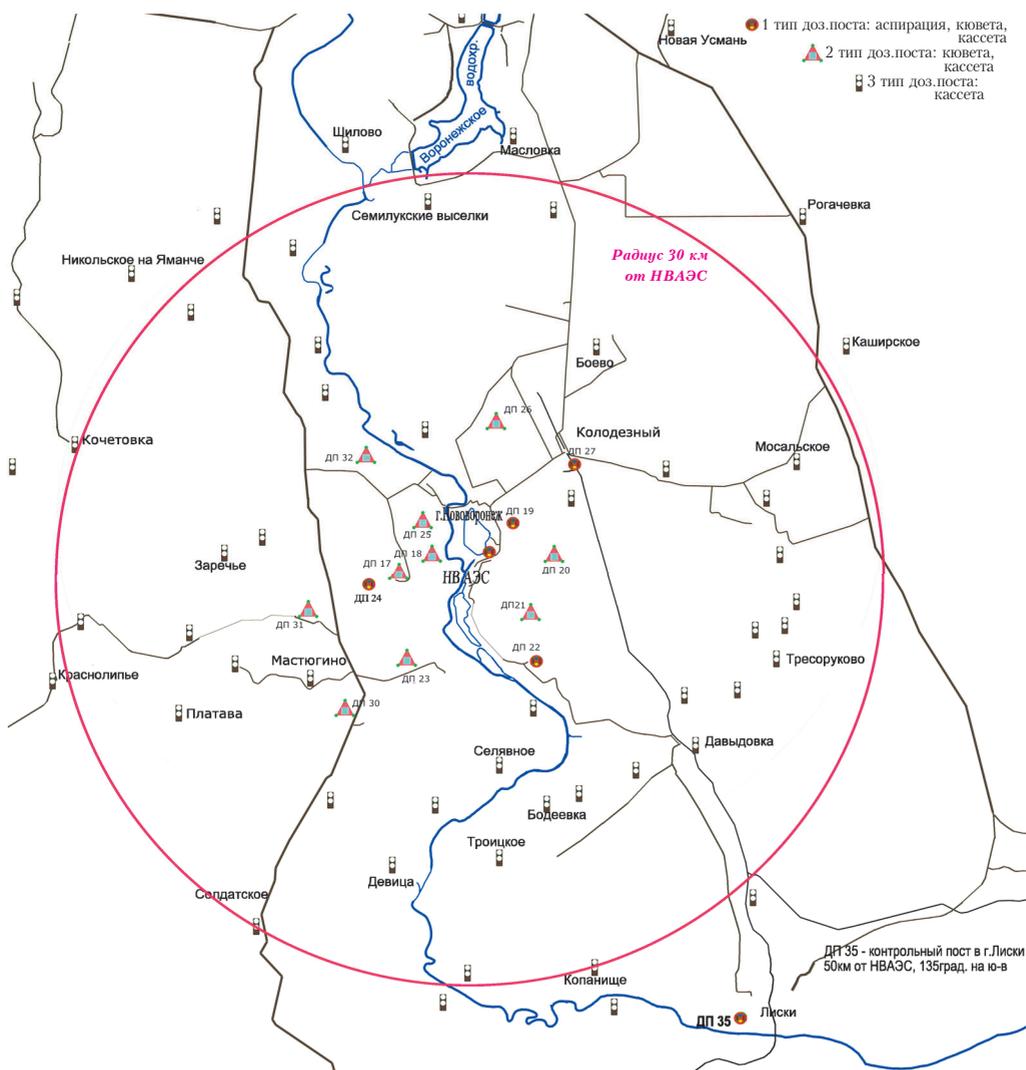


Рис.1.
Схема
расположе-
ния постов
РКОС Ново-
воронежской
АЭС.

в связи с чем в данной точке измерений влияние выбросов техногенных радионуклидов от объектов Нововоронежской АЭС наиболее ярко выражено.

3.1. Сравнение текущих результатов радиационного контроля на посту N 1 с результатами предыдущих радиационных измерений, проведенных в той же точке

В табл.1 приведены данные о результатах измерений активности гамма-излучающих радионуклидов в приземном слое воздуха в районе размещения аспирационного поста N 1 за 2005–2015 гг.

В апреле–июне 2011 г. наблюдалось скачкообразное (на два порядка) увеличение активности радионуклидов в воздушной среде, вызванное влиянием последствий аварийного выброса на АЭС «Фукусима-1». В табл.1 эти данные выделены серым цветом. Поскольку указанные аномальные величины не связаны с ведением технологических процессов на энергоблоках НВАЭС, включать их в исходные данные для анализа нецелесообразно.

Динамика изменения суммарной удельной объемной активности гамма-излучающих радионуклидов в воздушной среде в районе размещения аспирационного поста N 1 в 2005–2015 гг. показана на рис.2.

Табл.1.

Дата измерений	Измеренное значение объемной активности радионуклидов, мкБк/м ³							
	⁵⁴ Mn	⁵⁸ Co	⁶⁰ Co	¹³⁷ Cs	¹³¹ I	¹³⁴ Cs	^{110m} Ag	ΣΛ
31.3.05	0,00	0,00	2,00	3,00	0,00	0,00	0,00	5,00
30.6.05	0,00	0,00	2,30	4,63	0,00	0,00	0,00	6,93
30.9.05	6,40	3,70	7,57	6,60	0,00	0,00	7,16	31,43
31.12.05	11,60	3,75	14,20	7,10	0,00	0,00	9,41	46,06
31.3.06	4,26	0,00	5,00	4,40	0,00	0,00	0,00	13,66
30.6.06	0,00	0,00	12,00	11,00	0,00	0,00	0,00	23,00
30.9.06	0,00	0,00	0,00	11,00	0,00	0,00	0,00	11,00
31.12.06	0,00	0,00	0,00	5,10	0,00	0,00	0,00	5,10
31.3.07	0,00	0,00	0,00	19,54	0,00	0,00	0,00	19,54
30.6.07	0,00	0,00	7,40	7,20	0,00	0,00	0,00	14,60
30.9.07	0,00	0,00	0,00	10,00	0,00	0,00	0,00	10,00
31.12.07	1,11	0,00	1,88	3,33	0,00	0,00	0,00	6,32
31.3.08	0,00	0,00	0,61	1,80	0,00	0,00	0,00	2,41
30.6.08	1,49	1,30	2,12	4,47	0,00	0,19	0,07	9,64
30.9.08	0,49	0,42	1,02	3,90	0,00	0,19	0,00	6,02
31.12.08	2,50	0,31	2,28	2,16	0,00	0,10	0,00	7,35
31.3.09	1,72	1,03	2,87	2,54	0,00	0,16	0,00	8,32
30.6.09	1,02	0,24	3,86	4,00	0,00	0,22	0,10	9,44
30.9.09	0,16	0,00	0,75	2,56	0,00	0,18	0,00	3,65
31.12.09	0,26	0,00	0,69	1,40	0,00	0,00	0,00	2,35
31.3.10	0,40	0,00	0,50	1,00	0,00	0,00	0,00	1,90
30.6.10	0,20	0,00	0,75	2,30	0,00	0,00	0,00	3,25
30.9.10	0,90	1,36	1,80	4,40	0,00	0,90	0,00	9,36
31.12.10	0,07	0,00	0,30	0,90	0,00	0,00	0,00	1,27
31.3.11	0,00	0,00	0,30	0,80	0,00	0,00	0,00	1,10
5.4.11	0,00	0,00	0,00	165,90	788,90	104,00	0,00	1058,80
8.4.11	0,00	0,00	0,00	273,40	694,00	233,00	0,00	1200,40
15.4.11	0,00	0,00	0,00	0,00	31,78	0,00	0,00	31,78
20.4.11	0,00	0,00	0,00	7,61	42,48	6,60	0,00	56,69
30.6.11	0,00	0,40	0,80	39,00	0,00	29,00	0,00	69,20
30.9.11	0,70	0,00	1,47	2,70	0,00	0,00	0,00	4,87
31.12.11	0,70	0,00	1,30	1,00	0,00	0,00	0,00	3,00
31.3.12	0,00	0,00	1,80	3,60	0,00	0,00	0,00	5,40
30.6.12	0,65	0,00	2,34	4,41	0,00	0,27	0,00	7,67
30.9.12	0,76	1,20	1,67	2,05	0,00	0,20	0,00	5,88
31.12.12	0,34	0,00	0,74	1,73	0,00	0,00	0,00	2,81
31.3.13	0,00	0,00	0,59	1,29	0,00	0,00	0,00	1,88
30.6.13	1,02	1,57	3,61	19,89	0,00	0,23	0,00	26,32
30.9.13	0,00	0,00	0,76	2,97	0,00	0,00	0,00	3,73
31.12.13	0,50	0,00	1,77	4,54	0,00	0,00	0,00	6,81
31.3.14	0,17	0,00	0,64	4,05	0,00	0,00	0,00	4,86

Дата измерений	Измеренное значение объемной активности радионуклидов, мкБк/м ³							
	⁵⁴ Mn	⁵⁸ Co	⁶⁰ Co	¹³⁷ Cs	¹³¹ I	¹³⁴ Cs	^{110m} Ag	ΣА
30.6.14	0,91	0,00	3,52	7,76	0,00	0,00	0,00	12,19
30.9.14	0,49	0,00	6,83	19,30	0,00	0,00	0,00	26,62
31.12.14	0,34	0,00	3,98	24,54	0,00	0,00	0,39	29,25
31.3.15	0,15	0,00	2,05	10,07	0,00	0,00	0,00	12,27
30.6.15	0,31	0,07	1,51	2,27	0,00	0,04	0,00	4,20
30.9.15	1,57	0,00	9,50	15,78	0,00	0,00	0,00	26,85
31.12.15	2,73	1,96	13,44	43,33	0,00	0,00	0,44	61,90

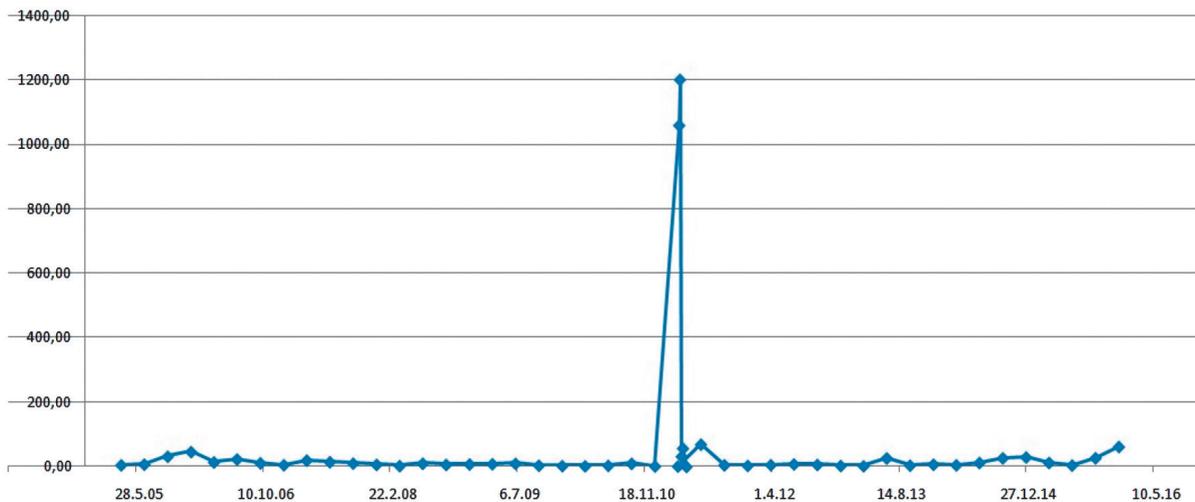


Рис.2. Динамика изменения суммарной активности гамма-излучающих радионуклидов в районе размещения аспирационного поста N 1 в 2005–2015 гг. (мкБк/м³).

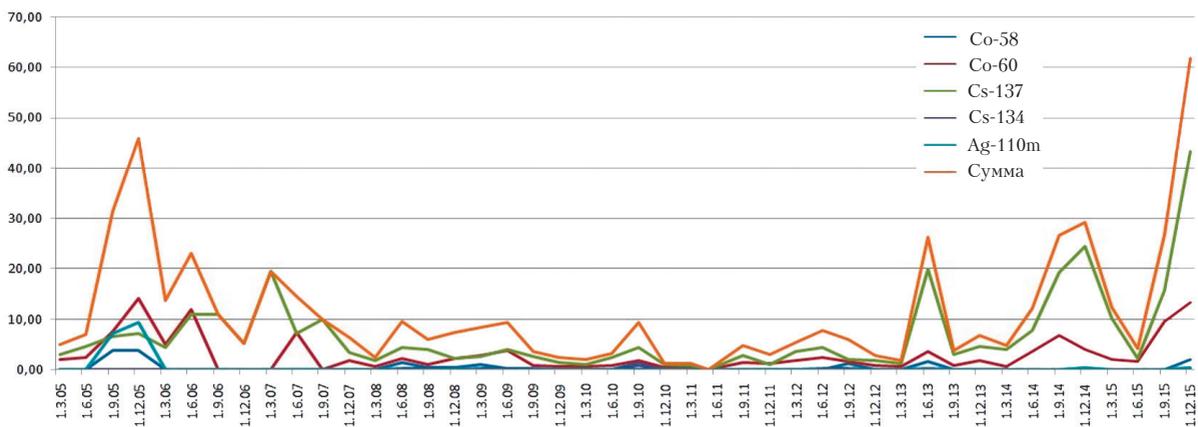


Рис.3. Динамика изменения концентрации радионуклидов в районе размещения аспирационного поста N 1 (мкБк/м³) (исключены результаты измерений за апрель 2011 г.).

Табл.2.

Дата измерений	Измеренное значение объемной активности радионуклидов, мкБк/м ³					
	⁶⁰ Co	¹³⁷ Cs	¹³¹ I	⁵⁴ Mn	¹³⁴ Cs	ΣА
31.3.05	0,00	1,80	0,00	0,00	0,00	1,8
30.6.05	0,00	5,60	0,00	0,00	0,00	5,6
30.9.05	0,00	3,70	0,00	0,00	0,00	3,7
31.12.05	0,00	3,70	0,00	0,00	0,00	3,7
31.3.06	0,00	0,50	0,00	0,00	0,00	0,5
30.6.06	0,00	1,80	0,00	0,00	0,00	1,8
30.9.06	0,00	3,30	0,00	0,00	0,00	3,3
31.12.06	0,00	1,10	0,00	0,00	0,00	1,1
31.3.07	0,00	2,00	0,00	0,00	0,00	2,0
30.6.07	0,00	4,60	0,00	0,00	0,00	4,6
30.9.07	0,00	5,50	0,00	0,00	0,00	5,5
31.12.07	0,15	1,05	0,00	0,00	0,00	1,2
31.3.08	0,20	0,77	0,00	0,00	0,00	0,97
30.6.08	0,00	3,56	0,00	0,00	0,00	3,56
30.9.08	0,09	4,40	0,00	0,00	0,00	4,49
31.12.08	0,00	1,01	0,00	0,00	0,00	1,01
31.3.09	0,09	0,73	0,00	0,00	0,00	0,82
30.6.09	0,96	2,87	0,00	0,83	0,00	4,66
30.9.09	0,00	2,66	0,00	0,00	0,00	2,66
31.12.09	0,12	1,04	0,00	0,00	0,00	1,16
31.3.10	0,12	0,79	0,00	0,00	0,00	0,91
30.6.10	0,00	2,30	0,00	0,00	0,00	2,3
30.9.10	0,00	3,05	0,00	0,00	0,00	3,05
31.12.10	0,00	0,57	0,00	0,00	0,00	0,57
30.3.11	0,00	13,37	206,00	0,00	6,00	225,37
5.4.11	0,00	210,90	1148,00	0,00	164,00	1522,9
10.4.11	0,00	163,00	365,00	0,00	133,00	661,0
18.4.11	0,00	0,00	33,50	0,00	5,22	38,72
30.6.11	0,10	29,00	0,00	0,00	22,00	51,1
30.9.11	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	1,0
31.12.11	0,00	0,88	0,00	0,00	0,00	0,88
31.3.12	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	1,0
30.6.12	0,00	3,02	0,00	0,00	0,00	3,02
30.9.12	0,00	2,33	0,00	0,00	0,00	2,33
31.12.12	0,00	0,71	0,00	0,00	0,00	0,71
31.3.13	0,10	0,62	0,00	0,00	0,00	0,72
30.6.13	0,00	4,89	0,00	0,00	0,00	4,89
30.9.13	0,00	1,42	0,00	0,00	0,00	1,42
31.12.13	0,00	0,68	0,00	0,00	0,00	0,68
31.3.14	0,09	2,14	0,00	0,00	0,00	2,23
30.6.14	0,00	7,01	0,00	0,00	0,00	7,01

Дата измерений	Измеренное значение объемной активности радионуклидов, мкБк/м ³					
	⁶⁰ Co	¹³⁷ Cs	¹³¹ I	⁵⁴ Mn	¹³⁴ Cs	ΣА
30.9.14	0,00	8,86	0,00	0,00	0,00	8,86
31.12.14	0,00	6,83	0,00	0,00	0,00	6,83
31.3.15	0,00	3,17	0,00	0,00	0,00	3,17
30.6.15	0,00	13,43	0,00	0,00	0,00	13,43
30.9.15	0,00	7,38	0,00	0,00	0,00	7,38
31.12.15	0,00	1,22	0,00	0,00	0,00	1,22

На рис.3 показана динамика изменения в воздушной среде в районе размещения аспирационного поста N 1 удельной объемной активности отдельных радионуклидов (мкБк/м³). При этом для обеспечения корректности графика из него были исключены результаты, обусловленные влиянием последствий выбросов на АЭС «Фукусима-1».

На рис.4 показан график изменения суммарной удельной объемной активности в воздушной среде в районе размещения аспирационного поста N 1 в 2005–2015 гг., построенный в логарифмическом масштабе. Линия тренда свидетельствует о том, что в течение 10 лет указанная величина фактически постоянна и находится в границах 10–20 мкБк/м³.

Для данной совокупности измерений:

- величина $R_{B,j} = (61,9 - 26,85)/26,85 = 1,305$;
- величину относительной стандартной суммарной неопределенности результата РК объекта примем равной 50% (0,5);
- рассчитанное значение $\Delta_R^{0,95} = 67,47$;
- величина $\Delta_R^{0,95}/B_{j-1} = 2,51$.

Поскольку $|R_{B,j}| < \Delta_R^{0,95}/B_{j-1}$, в соответствии с [2], можно констатировать отсутствие статистически значимых изменений радиационного состояния объекта.

Расчетное среднее значение измеряемой величины за период 2011–2015 гг. составляет 13,4 мкБк/м³ (без учета аномальных значений, измеренных в апреле 2011 г. и обусловленных влиянием выбросов АЭС «Фукусима-1»).

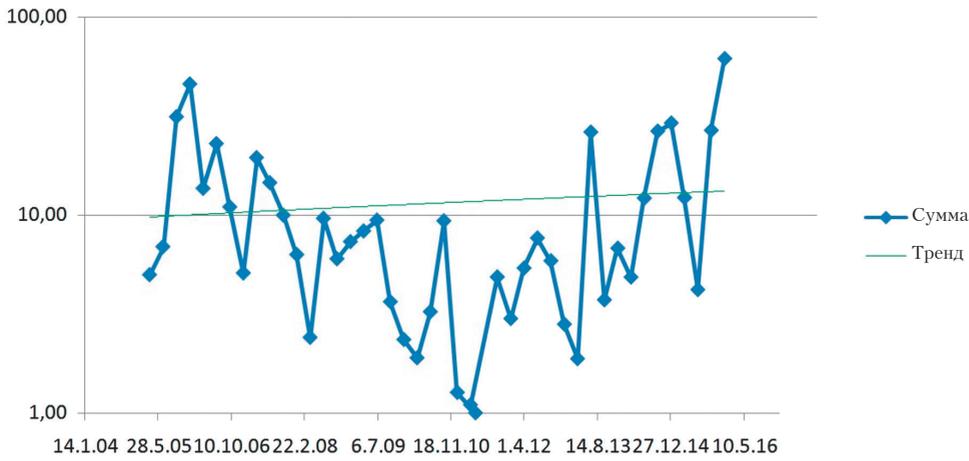


Рис.4. Обработка результатов контроля суммарной активности в воздухе в районе аспирационного поста N 1. Линия тренда (исключены результаты измерений за апрель–июнь 2011 г.).

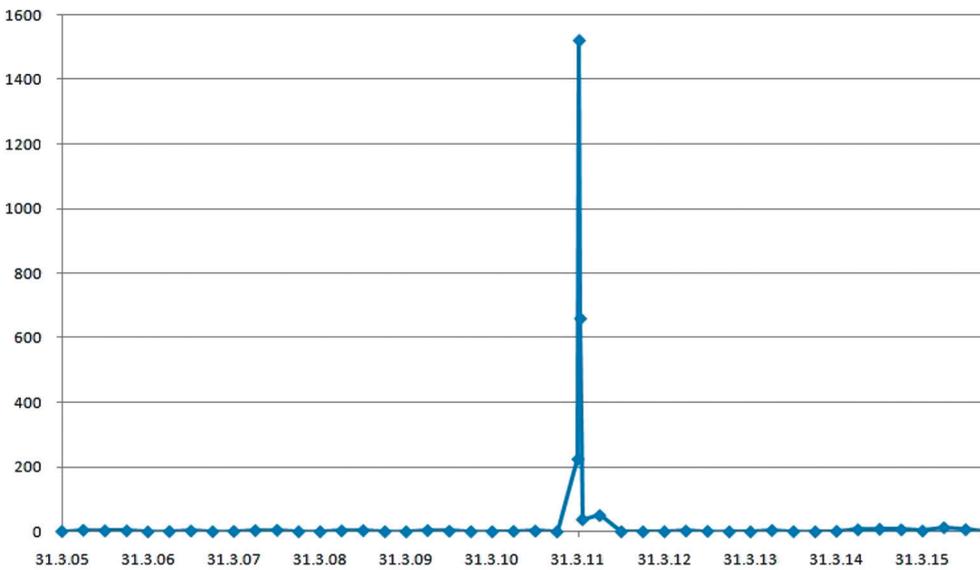


Рис.5. Динамика изменения суммарной активности гамма-излучающих радионуклидов в районе размещения аспирационного поста N 35 в 2005–2015 гг. (мкБк/м³).

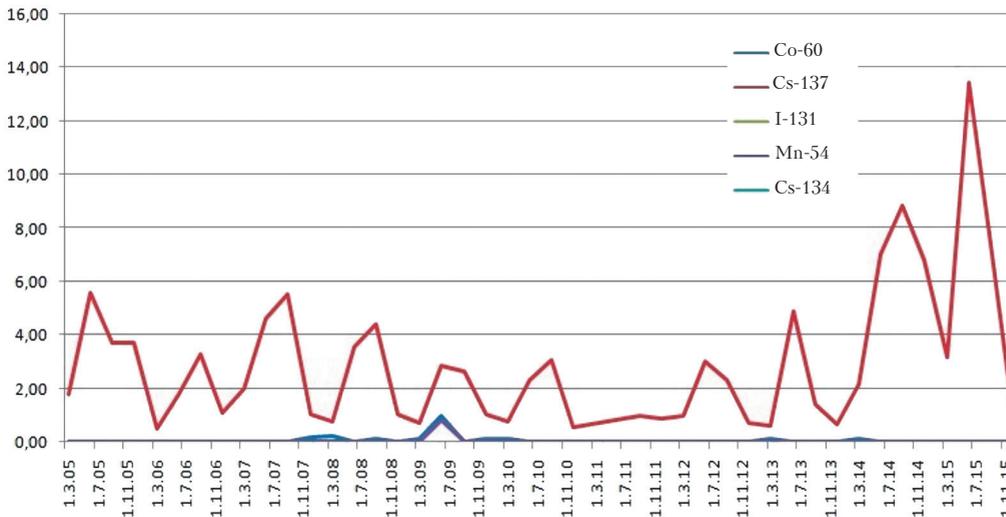


Рис.6. Динамика изменения концентрации радионуклидов в районе размещения аспирационного поста N 35 (мкБк/м³) (исключены результаты измерений за апрель 2011 г.).

Табл.3.

Год	Удельная активность долгоживущих радионуклидов, мкБк/м ³														
	A	⁷ Be	⁵¹ Cr	⁵⁴ Mn	⁵⁸ Co	⁶⁰ Co	¹³⁷ Cs	¹³⁴ Cs	⁸⁹ Sr	⁹⁰ Sr	⁹⁵ Zr	¹⁰³ Ru	¹⁰⁶ Ru	¹⁴¹ Ce	¹⁴⁴ Ce
1961–1963	74000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1964	7770	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1965	6290	-	-	-	-	-	999	-	-	481	-	-	-	-	3071

Табл.4.

N п/п	Радионуклид	Значение L_i , Бк/м ³ (ДОА _{НАС})	Измеренное значение (последнее измерение 31.12.2015), Бк/м ³	$(\Delta B_i^{0,95}/L_i)^2$	B_i/L_i
1	Mn-54	72	$2,73 \cdot 10^{-6}$	4,82253E-05	3,79E-08
2	Co-58	68	$1,96 \cdot 10^{-6}$	5,40657E-05	2,88E-08
3	Co-60	11	$1,344 \cdot 10^{-5}$	0,002066116	1,22E-06
4	Cs-137	27	$4,333 \cdot 10^{-5}$	0,000342936	1,60E-06
5	Cs-134	19	-	0,000692521	0,00E+00
6	I-131	7,3	-	0,068493151	0,00E+00
7	Ag-110m	15	$0,44 \cdot 10^{-6}$	0,001111111	2,93E-08

Для последнего измерения, входящего в выборку от 15.12.2015 г., величина $R_{B,N}$ равна 4,6.

Поскольку измеренное значение более чем в три раза превышает средние значения за пять лет, может иметь место факт значимого изменения радиационного состояния контролируемого объекта.

Причиной такого увеличения явились:

- перенос ветром пыли, содержащей радионуклиды, при проведении вблизи аспирационного поста N 1 работ по выгрузке и кондиционированию ТРО, хранящихся в ХТРО-13;
- работы по кондиционированию ТРО методом сжигания посредством плазменного комплекса переработки РАО, сопровождающиеся дополнительным выбросом радиоактивных аэрозолей.

3.2. Сравнение результатов измерений воздушной среды в районе размещения аспирационного поста N 1 с измерениями в контрольном пункте

Динамика изменений объемной активности в приземном слое воздуха в контрольном пункте (аспираторный пост N 35, г. Лиски) приведена в табл.2.

Как можно видеть, в апреле–июне 2011 г. на аспирационном посту N 35 также наблюдалось скачкообразное (на два порядка) увеличение активности радионуклидов в воздушной среде, вызванное влиянием на результаты измерений последствий аварийного выброса на АЭС «Фукусима-1». В табл.2 эти данные выделены серым цветом. Поскольку указанные аномальные величины не связаны с ведением технологических процессов на энергоблоках НВАЭС, включать эти результаты в исходные данные для анализа нецелесообразно.

Динамика изменения суммарной удельной объемной активности гамма-излучающих радионуклидов в воздушной среде в районе размещения аспирационного поста N 35 в 2005–2015 гг. показана на рис.5.

На рис.6 показана динамика изменения в воздушной среде в районе размещения аспирационного поста N 35 удельной объемной активности отдельных радионуклидов (мкБк/м³). При этом, для обеспечения корректности графика из него были исключены результаты, обусловленные влиянием на результаты измерений последствий выбросов на АЭС «Фукусима-1».

Проведем сравнительный анализ результатов измерений объемной активности в приземном слое воздуха на аспирационном посту $N 1$ и в контрольном пункте ДП-35.

$$\text{Величина } R_{B,КП} = (61,9 - 1,22)/1,22 = 49,7.$$

$$\text{Расчетное значение величины } \Delta_{R,КП}^{0,95} = 61,91.$$

$$\text{Величина } \Delta_{R,КП}^{0,95}/B_{КП} = 50,7.$$

Поскольку величина $R_{B,КП} < \Delta_{R,КП}^{0,95}/B_{КП}$, в соответствии с [2], можно констатировать отсутствие статистически значимых изменений радиационного состояния объекта от значений, измеренных в контрольном пункте.

3.3. Сравнение результатов измерений воздушной среды в районе размещения аспирационного поста $N 1$ с «нулевым фоном»

В соответствии с имеющимися данными, в период измерения «нулевого» фона на посту $N 1$ в 1961–1963 гг. наблюдались аномально высокие значения активности радионуклидов в приземном слое воздуха, достигавшие 74 мБк/м³ [4] (табл.3), что, вероятно, связано с влиянием на активность воздушного слоя последствий испытаний ядерного оружия. Сведения о радионуклидном составе приземного слоя воздуха отсутствуют.

Аналогичные результаты измерений активности приземного слоя воздуха наблюдались и в 1964–1965 гг. По результатам измерений 1965 г. определяющим являлся вклад трех радионуклидов: Cs-137, Sr-90, Ce-144.

Вероятно, вклад радионуклидов в суммарную активность приземного слоя воздуха, выбрасываемого через вентиляцию 1 блока НВАЭС в 1964–1965 гг., был незначительным.

Проведем сравнительный анализ результатов измерений объемной активности в приземном слое воздуха на аспирационном посту $N 1$ и нулевого фона.

При расчете примем:

- значение среднегодовой активности радионуклидов в 1963 г. равным 24,7 мБк/м³

(1/3 от величины, измеренной в 1961–1963 гг.);

- величину неопределенности метода измерений активности, применявшегося в 1963 г., примем равной 0,5.

$$\text{Величина } |R_{B,0}| = 0,99749.$$

$$\text{Расчетное значение величины } \Delta_{R,0}^{0,95} = 24666,7.$$

$$\text{Величина } \Delta_{R,0}^{0,95}/B_0 = 1,000003.$$

Поскольку величина $|R_{B,0}| < \Delta_{R,0}^{0,95}/B_0$, в соответствии с [2], можно констатировать отсутствие статистически значимых изменений радиационного состояния объекта от значений «нулевого фона».

3.4. Оценка соответствия результатов измерений нормативным требованиям

В соответствии с требованиями [4], в качестве допустимых значений объемной активности в воздушной среде (L_i) приняты величины $ДОА_{НАС}$, установленные для отдельных радионуклидов Приложением 2 [4].

Результаты анализа выполнения требований НД при радиационном контроле приземного слоя воздуха в районе размещения НВАЭС, приведены в табл.4.

$$\text{Расчетное значение } \Delta_{\Sigma}^{0,95} \text{ составило } 0,269.$$

Значение

$$\Sigma(B_i/L_i) + \Delta_{\Sigma}^{0,95} = 2,92 \cdot 10^{-6} + 0,269 \approx 0,269, \text{ что}$$

существенно ниже 1. Таким образом, в соответствии с критериями, установленными МУ 1.3.2.06.027.0045-2009, можно констатировать соответствие контролируемого параметра требованиям нормативных документов.

Выводы

1. В целом результаты РК объектов окружающей среды в районе расположения Нововоронежской АЭС показывают низкое (на 6–8 порядков ниже установленных нормативных значений) содержание радионуклидов в приземном слое атмосферы.

2. Измеряемые активности нуклидов в приземном слое атмосферы в районе размещения НВАЭС находятся на уровне значений, характерных для регионов центральной части России, где объекты атомной промышленности отсутствуют.

3. Применяемые лабораторией внешнего радиационного контроля (ЛВРК) НВАЭС методы и средства измерений обладают достаточной прецизионностью, позволяющей идентифицировать незначительные изменения удельной активности приземного слоя атмосферы, вызванные как последствиями глобаль-

ных техногенных инцидентов (авария на АЭС «Фукусима-1»), так и изменением технологических процессов на действующих и остановленных блоках Нововоронежской АЭС.

4. Результаты анализа по методике, установленной [2], показывают отсутствие устойчивых негативных тенденций к росту объемной активности нуклидов в приземном слое воздуха на аспирационном посту N 1 НВАЭС, в том числе сравнительно с результатами, полученными на контрольном посту ДП-35 и результатами измерений «нулевого фона».

Литература

1. Санитарные правила проектирования и эксплуатации атомных станций СП АС-03. СанПиН 2.6.1.24-03. Раздел VI.
2. Организация радиационного контроля в районе расположения атомных станций. МУ 1.3.2.06.027.0045-2009.
3. Санитарно-радиологическая характеристика района расположения Нововоронежской АЭС. Научно-технический отчет. М.: ИБФ МЗ СССР, 1962.
4. Нормы радиационной безопасности НРБ-99/2009.

Analyses Results of the Lowest Atmospheric Layer Radiation Monitoring at the Premises of Novovoronezh NPP

Povarov Vladimir, Rosnovskiy Sergey, Rosnovskaya Olga, Dimitryaichev Alexander, Karasev Vyacheslav (Branch of JSC «Concern Rosenergoatom» «Novovoronezh Nuclear Power Plant», Novovoronezh, Russia)

Abstract. In the present paper the results of radiation monitoring of the lowest atmospheric layer at the premises of Novovoronezh NPP over the period 2005–2015 are analyzed. Monitoring results were mathematically processed, trends (or absence of trends) of environmental radiation monitoring were revealed and justified. Analysis results may be used for justification of the nuclear facilities safety, as well in the course of licensing procedures, when interacting with government bodies, ecological and state organizations etc.

Key words: radiation monitoring, the lowest atmospheric layer, ambient environment.

В.П.Поваров (д.т.н., зам.ген.дир.), С.В.Росновский (зам.гл.инж.),
О.В.Росновская (нач.лаб.), А.С.Димитряичев (инж.), В.Н.Карасев (зам.нач.) – Филиал
АО «Концерн Росэнергоатом» «Нововоронежская АЭС», г. Нововоронеж Воронежской обл.
Контакты: тел. +7 (920) 423-45-79; e-mail: kvnorb@mail.ru.