

КОНТРОЛЬ ВЫБРОСОВ РАДИОАКТИВНЫХ АЭРОЗОЛЕЙ ИЗ ОБЪЕКТА «УКРЫТИЕ» В 2007 г.

**В. Е. Хан, Б. И. Огородников, А. К. Калиновский,
П. Н. Дубенко, В. Б. Рыбалка, В. А. Краснов, П. И. Булан**

Институт проблем безопасности АЭС НАН Украины, Чернобыль

Представлены результаты контроля выброса радиоактивных аэрозолей из объекта «Укрытие» в 2007 г. Максимальная скорость неорганизованного выброса радиоактивных аэрозолей из объекта «Укрытие» наблюдалась в зимний период и достигала 6,5 МБк/сут. В систему «Байпас» в 2007 г. поступали, как правило, аэрозоли с активностным медианным аэродинамическим диаметром более 1 мкм. Концентрации аэрозолей-носителей бета-излучающих нуклидов находились в диапазоне 1 – 10 Бк/м³. Концентрации свыше 10 Бк/м³ приходились на периоды сильных ветров и интенсивных строительных работ.

Введение

В 2007 г. был продолжен систематический контроль количества и состава выбросов радиоактивных аэрозолей из объекта «Укрытие» [1]. Начатые в 1992 г. наблюдения остаются важным источником экспериментальных данных, необходимых как для оценки влияния объекта «Укрытие» на окружающую среду, так и для решения конкретных, прикладных задач при разработке проекта проведения подготовительных работ по созданию НБК, монтажа и надвигки «Арки», для оценки безопасности.

Результаты контроля выброса радиоактивных аэрозолей через технологические отверстия и неплотности легкой кровли объекта «Укрытие»

Для оценки неорганизованного выноса [1] радиоактивных аэрозолей через технологические отверстия и неплотности легкой кровли применяли аккумулялирующие планшеты. Как и в предыдущие годы, планшеты устанавливали над технологическими люками № 7 (ряд И⁺¹⁴⁰⁰, ось 46⁺¹³⁰⁰), 10 (ряд Л⁺⁷⁰⁰, ось 46⁺¹³⁰⁰), 13 (ряд К⁺⁷⁰⁰, ось 48-700) и 15 (ряд Л⁺¹³⁰⁰, ось 48-500). Для удержания аэрозолей планшеты предварительно пропитывали нефтепродуктами (литол-24 и масло-разбавитель). Суммарная площадь отверстий на верхних отметках объекта «Укрытие» при оценке интегрального выноса принималась равной 120 м² [2].

Таблица 1. Оценка выброса радиоактивных аэрозолей из объекта «Укрытие» в 2007 г.

Экспозиция планшетов		Верхний предел величины аэрозольного выброса, МБк			
		альфа-излучатели*		бета-излучатели**	
Начало	Длительность, сут	за сутки	с начала года	за сутки	с начала года
05.12.2006	48	0,042	2,0	6,5	144
22.01.2007	23	0,022	2,5	2,3	197
14.02.2007	21	0,033	3,2	3,7	274
06.03.2007	29	0,014	3,6	1,0	304
04.04.2007	41	0,012	4,1	1,3	357
15.05.2007	21	0,010	4,3	0,8	374
05.06.2007	29	0,014	4,7	1,0	402
04.07.2007	35	0,011	5,1	0,8	430
08.08.2007	27	0,007	5,3	0,6	446
04.09.2007	29	0,010	5,6	0,8	470
03.10.2007	35	0,031	6,7	2,8	567
07.11.2007	28	0,021	7,3	1,6	612
Среднее		0,019		1,9	

* Сумма альфа-излучателей включает изотопы ²⁴⁰Pu, ²³⁹Pu, ²³⁸Pu, ²⁴¹Am.

** Сумма бета-излучателей включает изотопы ¹³⁷Cs, ⁹⁰Sr + ⁹⁰Y, ²⁴¹Pu.

Неорганизованный выброс альфа-, бета-активности с аэрозолями через отверстия и проемы на верхних отметках объекта «Укрытие» с начала года по 5 декабря составил 7,3 и 612 МБк соответственно (табл. 1). По сравнению с аналогичным периодом предыдущего года, выброс радиоаэрозолей в 2007 г. был практически на том же уровне (7,0 и 546 МБк - в 2006 г.).

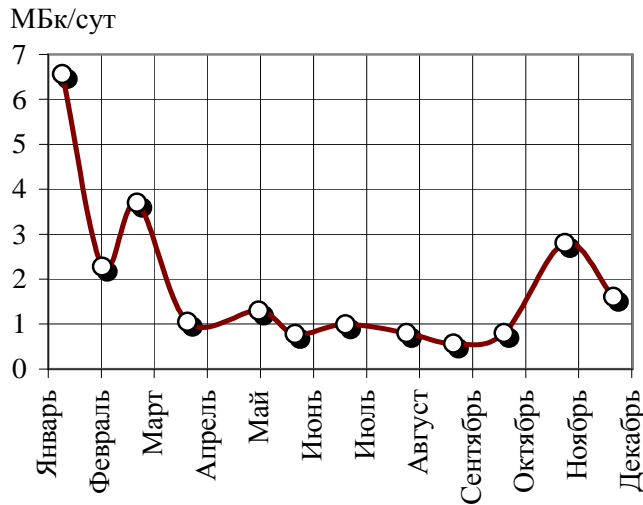


Рис. 1. Динамика неорганизованного выброса бета-активных аэрозолей из объекта «Укрытие» в 2007 г.

работы по стабилизационному мероприятию 2, которые сопровождалась генерацией аэрозолей.

На рис. 2 представлена динамика неорганизованного выброса радиоаэрозолей через щели в кровле объекта «Укрытие» в период с 1996 по 2007 г.

В 1992 – 1996 гг. наблюдался спад выброса активности. В 1997 - 1998 гг. возрастание активности выбросов обусловлено проведением работ по укреплению вентиляционной трубы. Повышение активности в 2001 г. объясняется сочетанием неблагоприятных

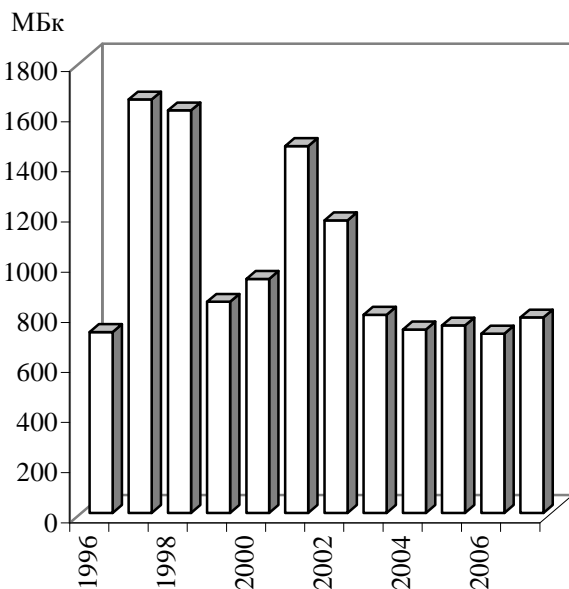


Рис. 2. Динамика выброса бета-активных аэрозолей через неплотности в кровле объекта «Укрытие» в 1996 - 2007 гг. по данным аккумулярующих планшетов.

Максимальная скорость выброса бета-активных аэрозолей из объекта «Укрытие» в 2007 г. пришлось, как и в 2006 г., на зимний период и составляла от 2,3 до 6,5 МБк/сут.

Высокая скорость выброса бета-активных аэрозолей из объекта «Укрытие» пришлось также на период с 03.10 по 07.11.07 г. и составила 2,8 МБк/сут (рис. 1). Подобный рост выбросов радиоаэрозолей наблюдался и в октябре 2006 г.

Повышение скорости выброса в вышеуказанные периоды вызвано значительной разностью температур внутри и снаружи объекта «Укрытие». Кроме того, в феврале в западной части внешней оболочки объекта шли заключительные

метеоусловий (сухое жаркое и ветреное лето) с проведением ремонтных работ на легкой кровле. За последние пять лет наблюдается стабилизация величины активности аэрозольного выброса.

В 2007 г. были продолжены наблюдения за концентрациями и дисперсным составом радиоактивных аэрозолей «организованного» выброса [1], поступающего из центрального зала объекта «Укрытие» в атмосферу через систему «Байпас» и высотную вентиляционную трубу ВТ-2. Как и в 2002 - 2006 гг., пробы аэрозолей отбирали на срезе вентиляционной системы «Байпас» в помещении 4004/1 с использованием пакетов трехслойных волокнистых фильтров Петрянова. Методика отбора и измерения бета-активности аэрозолей аналогична методике, изложенной в работе [1].

В первом полугодии 2007 г. из системы «Байпас» было отобрано и проанализировано 30 проб. В середине мая наблюдения были прерваны в связи с началом модернизации системы «Байпас» по плану SIP. После завершения модернизации отбор проб аэрозолей в помещении 4004/1 стал технически невозможен. Поэтому в дальнейшем отбирали пробы в помещении 2016/2 через имеющийся там люк в трубе системы «Байпас».

Обобщенные данные концентраций и дисперсного состава радиоактивных аэрозолей приведены в табл. 2. Как следует из таблицы, концентрация суммы бета-излучающих нуклидов ($\Sigma\beta$ -активности) изменялась в широком диапазоне от 0,1 до 70 Бк/м³. Наиболее часто (более 50 % проб) концентрация $\Sigma\beta$ -активности составляла 1 - 10 Бк/м³. В восьми пробах концентрация превышала 10 Бк/м³. Примерно также было в предыдущем году, когда из 39 проб в семи концентрация $\Sigma\beta$ -активности была больше 10 Бк/м³.

Практически все пробы 2007 г., в которых концентрация $\Sigma\beta$ -активности превышала 10 Бк/м³, пришлось на февраль, что согласуется с данными рис. 1. В это время в западной части внешней оболочки объекта «Укрытие» шли заключительные работы по стабилизационному мероприятию 2. В результате нагрузки от балок Б1 и Б2, на которых располагается центральная часть кровли объекта «Укрытие», были переданы на консоли двух металлических башен, сооруженных в 2006 г. у западной контрфорсной стены. Этим были уменьшены

Таблица 2. Данные мониторинга радиоактивных аэрозолей в системе «Байпас» объекта «Укрытие» в 2007 г.

Дата	Концентрация, Бк/м ³					¹³⁷ Cs $\Sigma\beta$	$\Sigma\beta$		ДПР		Условия отбора	Ветер		
	¹³⁷ Cs	$\Sigma\beta$	²⁴¹ Am	ДПР	²¹² Pb		АМАД, мкм	σ	АМАД, мкм	σ		средний, м/с	порывы, м/с	направление
22.01	2,0	4,2	-	9,0	3,7	0,24	1,1	1,8	0,12	6,2	ветрено	5	13	280
23.01	0,18	0,32	-	9,0	0,98	0,55	3,1	1,4	0,22	3,8	-	2	5	250
06.02	0,79	1,5	-	10	3,0	0,52	4,3	1,1	0,25	1,8	ветрено	4	11	260
07.02	-	-	-	9,0	2,0	-	-	-	0,19	5,4	-	1	2	110
08.02	0,90	0,50	-	9,0	1,1	0,19	11	1,3	0,28	3,1	-	2	5	50
09.02	0,06	0,10	-	22	2,5	-	15	1,4	0,28	2,4	низкая облачн.	2	4	150
13.02	16	70	0,75	18	2,6	0,23	5,8	1,5	0,23	1,3	низкая облачн.	1	2	220
14.02	4,9	14	0,13	25	5,1	0,29	4,9	1,4	0,13	4,1	туман	1	3	80
15.02	4,4	18	0,16	12	1,7	0,24	3,8	2,2	0,09	14	-	2	4	330
16.02	8,7	30	0,25	10	3,0	0,29	5,1	1,5	0,25	3,3	-	1	5	350
20.02	2,6	6,3	0,04	16	7,0	0,41	2,5	1,4	0,10	10	-	1	3	160
21.02	4,2	18	0,13	3,5	1,3	0,23	1,6	1,5	-	-	ветрено	3	12	300
22.02	24	50	0,22	-	0,86	0,48	4,5	2,1	-	-	-	1	4	340
21.03	0,45	0,75	-	9,0	1,5	0,6	14	1,5	0,18	1,1	ветрено	4	9	120
22.03	0,20	0,14	-	8,0	1,9	1,4	3,7	1,8	0,11	4,4	ветрено	5	10	130
23.03	0,19	0,26	-	16	3,5	0,7	0,61	1,0	0,13	3,6	ветрено	4	10	100
26.03	2,8	10	-	6,0	1,1	0,28	3,5	1,5	0,16	8,2	ветрено	2	7	350
02.04	0,93	3,1	-	5,0	1,7	0,3	7,5	2,6	0,12	5,4	ветрено	3	7	10
03.04	12	39	-	3,3	0,50	0,29	1,1	1,1	0,18	4,9	ветрено	2	8	230
04.04	1,4	1,9	-	12	3,7	0,75	1,7	1,1	-	-	ветрено	3	7	30
05.04	3,2	6,1	-	4,7	1,6	0,57	4,9	1,9	0,21	2,9	-	2	4	300
10.04	4,5	8,7	-	15	5,7	0,52	2,6	1,4	0,11	6,9	-	3	6	240
11.04	0,35	0,78	-	9,0	2,9	0,45	11	1,6	0,19	3,2	-	2	5	290
12.04	3,2	12	-	8,0	2,5	0,27	2,4	1,6	0,09	7,2	ветрено	4	9	320
13.04	0,28	0,31	-	9,0	2,2	0,9	7,4	2,3	0,07	8,5	-	2	5	200
16.04	0,80	0,47	-	4,0			-	-	0,11	2,8	-	1	5	340
17.04	2,2	6,7	-	4,6	1,1	0,33	2,0	1,9	0,1	7,4	-	1	2	210
19.04	1,1	2,2	-	9	3,3	0,5	3,9	2,2	0,16	1,1	ветрено	3	9	330

Продолжение табл. 2

Дата	Концентрация, Бк/м ³					¹³⁷ Cs Σβ	Σβ		ДПР		Условия отбора	Ветер		
	¹³⁷ Cs	Σβ	²⁴¹ Am	ДПР	²¹² Pb		АМАД, мкм	σ	АМАД, мкм	σ		средний, м/с	порывы, м/с	направление
17.05	4,2	9,4	-	6	2,5	0,45	-	-	-	-	жарко	1	2	10
18.05	1,1	2,0	-	11	3,1	0,55	5,5	2,0	0,15	4,4	ветрено, жарко	1	4	340
15.11	2,1	4,9	-	20	1,81	0,43	7,9	1,5	0,18	2,7	ветрено	1	4	130
19.11	1,3	2,6	-	6,0	2,5	0,51	6,3	2,2	0,24	2,5	туман	1	5	270
20.11	0,33	1,5	-	6,0	2,0	0,22	4,2	1,3	0,26	2,3	тихо	1	5	250
21.11	0,41	1,7	-	10	1,7	0,25	9,0	1,7	0,19	5,9	низкая облачн.	1	5	170
22.11	0,40	0,71	-	13	0,84	0,56	2,7	1,4	0,30	1,9	низкая облачн.	2	8	140
03.12	0,18	0,37	-	7,5	1,9	0,48	-	-	-	-	низкая облачн.	4	8	150
04.12	0,41	0,98	-	14	1,9	0,42	-	-	-	-	туман, низ. обл.	1	3	160
06.12	0,35	0,97	-	12	1,5	0,36	-	-	-	-	туман, ветер	0	2	0

нагрузки на поврежденную в 1986 г. западную стену 4-го блока, верхняя часть которой отклонилась от вертикали на 800 мм. После этого металлическими щитами были закрыты проемы в центральный зал, вырезанные осенью 2006 г. в оболочке объекта «Укрытие» для ввода консолей. Естественно, что все эти работы, в том числе резка и сварка металла, сопровождались генерацией аэрозолей. Так что февральские повышенные концентрации радиоактивных аэрозолей в «Байпасе» были следствием техногенных процессов. Причем 21 февраля, вероятнее всего, обстановка была ослаблена еще ветреной погодой. В этот день порывы ветра достигали 14 м/с. При этом средняя скорость ветра во время пробоотбора составляла 4 м/с.

По всей видимости, высокая величина концентрации Σβ-активности = 39 Бк/м³, зарегистрированная 3 апреля, оказалась также результатом пылеподъема в объекте «Укрытие» при сильном ветре. По данным метеостанции «Чернобыль» во время отбора этой пробы порывы ветра достигали 8 м/с.

При измерении проб на гамма-спектрометре было установлено, что в большинстве случаев отношение концентраций ¹³⁷Cs и Σβ-активности находилось в диапазоне 0,3 - 0,5 (см. табл. 2), что уже было зарегистрировано при наблюдениях 2003 – 2006 гг. Во всех февральских пробах помимо ¹³⁷Cs было определено содержание ²⁴¹Am. В шести из них отношение концентраций ¹³⁷Cs/ ²⁴¹Am находилось в диапазоне 36 - 72, что соответствует результатам 2003 – 2006 гг. и характеристикам облученного ядерного топлива в 4-м энергоблоке ЧАЭС [3]. Лишь в пробе от 22 февраля величина ¹³⁷Cs/ ²⁴¹Am = 141, т.е. примерно втрое превышала средний уровень многолетних наблюдений. Можно предположить, что это явилось следствием пылеподъема, произошедшего накануне во время сильного порывистого ветра.

Обработка измерений показала, что концентрации аэрозолей-носителей дочерних продуктов радона и торона были достаточно стабильными: минимальные и максимальные значения отличались от среднего уровня, как правило, не более чем в два-три раза. Высокие концентрации Σβ-активности, наблюдавшиеся в феврале во время проведения около западной стены объекта «Укрытие» работ по стабилизационному мероприятию 2 никак не отразились на концентрациях ²¹²Pb. Следовательно, генерация аэрозолей чернобыльского генезиса и продуктов распада естественных благородных газов происходит по различающимся причинам.

Как следует из табл. 2, практически все концентрации ^{212}Pb - дочернего продукта торона, имеющего период полураспада 10,64 ч, находятся в диапазоне 1 – 5 Бк/м³. Из 30 проб лишь в трех концентрации превышают этот диапазон и в стольких же находятся ниже. Концентраций выше 7 Бк/м³ и менее 0,5 Бк/м³ не зарегистрировано. Сопоставляя данные 2007 г. и четырех предыдущих лет, можно констатировать, что они практически совпадают.

Расчет дисперсного состава аэрозолей был выполнен в соответствии с методикой [4]. Установлено, что носителями радионуклидов-продуктов Чернобыльской аварии были, как правило, частицы с активностным медианным аэродинамическим диаметром (АМАД) более 1 мкм. В большинстве проб АМАД находился в диапазоне 2 – 6 мкм. В четырех случаях АМАД превосходил 8 мкм. Однако это не совпадало с высокими концентрациями $\Sigma\beta$ -активности.

В трех пробах при гамма-спектрометрии пакетов фильтров удалось определить по-слойное распределение ^{137}Cs и рассчитать АМАД его носителей. Размеры частиц-носителей бета-излучающих нуклидов чернобыльского генезиса хорошо совпадают с размерами носителей ^{137}Cs . Следовательно, это одни и те же частицы.

Дочерние продукты радона и торона, как и в предыдущие 2003 – 2006 гг., сосредоточены преимущественно на аэрозолях с АМАД 0,1 - 0,3 мкм. Лишь в двух пробах их АМАД был 0,09 мкм и в одной - 0,07 мкм. Однако во время отбора этих трех проб каких-то техногенных или метеорологических особенностей не наблюдалось.

Все полученные результаты однозначно свидетельствуют, что механизмы образования частиц-носителей продуктов Чернобыльской аварии и дочерних продуктов радона и торона совершенно различны. Для первых - это диспергационные процессы, приводящие к возникновению частиц микронного класса, для вторых - конденсационные, связанные с осаждением радиоактивных атомов, образующихся при распаде материнских благородных газов, на атмосферных ядрах конденсации, имеющих субмикронные размеры.

Для исследования дисперсного состава аэрозолей 17 мая и 8 ноября 2007 г. в системе «Байпас» были отобраны пробы на пятикаскадный импактор. Через импактор было пропущено 5 и 6,4 м³ воздуха соответственно. Для обеспечения прокачки воздуха через импактор использовали предоставленную ЦРБ ЧАЭС метрологически поверенную воздуходувку Н-810 фирмы SAIC. Минимальный размер частиц, до которого возможна сепарация аэрозолей в обычном импакторе, около 0,5 мкм. Для задерживания более мелких частиц пятый каскад заменили фильтром АФА РМП-20. Методика проведения исследований с помощью импактора аналогична изложенной в [5].

В результате отжига органических веществ в пробах аэрозолей четвертого каскада наблюдалось практически полное выгорание частиц. Незначительное количество оставшихся после отжига частиц имели в составе кальций и кремний. Оксида урана в оставшихся частицах не обнаружено. Следовательно, на четвертом каскаде частицы с размером меньше 1 мкм, как и в предыдущие годы, имели органическое происхождение.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что в 2007 г. как по концентрациям радионуклидов, так и по дисперсному составу аэрозолей, поступающие из центрального зала 4-го блока в систему «Байпас», а затем трубу ВТ-2, практически не изменились по сравнению с 2004 - 2006 гг. [1, 6].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Хан В.Е., Огородников Б.И., Калиновский А.К. и др. Контроль выбросов радиоактивных аэрозолей из объекта «Укрытие» в 2006 г. // Проблемы безопасности атомных электростанций і Чернобиля. - 2007. - Вип. 7. - С. 116 - 121.
2. Боровой А.А., Богатов С.А., Пазухин Э.М. Современное состояние объекта «Укрытие» и его влияние на окружающую среду // Радиохимия. - 1999. - Т. 41, № 4. - С. 368 - 378.

3. *Состояние ядерной, радиационной и экологической безопасности объекта «Укрытие»: (Отчет) / Институт высоких технологий экспериментального машиностроения РНЦ «Курчатовский институт».* - М., 1995.
4. *Vudyka A K., Ogorodnikov B I., Skitovich V.I.* Filter pack technique for determination of aerosol particle sizes // *J. of Aerosol Sci.* – 1993. – Vol. 24. – Suppl. 1. – P. S205 – S206.
5. *Павлюченко Н.И., Хан В.Е., Крилицын А.П. и др.* Контроль неорганизованных сбросов и выбросов из объекта «Укрытие» в 2004 г. // *Проблеми безпеки атомних електростанцій і Чорнобиля.* – 2005. – Вип. 2. – С. 22 - 32.
6. *Хан В.Е., Огородников Б.И., Калиновский А.К. и др.* Контроль выбросов радиоактивных аэрозолей из объекта «Укрытие» в 2005 г. // *Там же.* - 2006. - Вип. 6. - С. 85 - 94.

Поступила в редакцию 05.02.08

18 КОНТРОЛЬ ВИКИДІВ РАДІОАКТИВНИХ АЕРОЗОЛІВ З ОБ'ЄКТА "УКРИТТЯ" В 2007 Р.

**В. Є. Хан, Б. І. Огородников, О. К. Калиновський,
П. М. Дубенко, В. Б. Рибалка, В. О. Краснов, П. И. Булан**

Наведено результати контролю викиду радіоактивних аерозолів з об'єкта "Укриття" в 2007 р. Максимальна швидкість неорганізованого викиду радіоактивних аерозолів з об'єкта «Укриття» спостерігалася в зимовий період і досягала 6,5 МБк/доб. У систему «Байпас» у 2007 р. поступали, як правило, аерозолі з АМАД більше 1 мкм. Концентрації аерозолів-носіїв бета-випромінюючих нуклідів знаходилися в діапазоні 1 – 10 Бк/м³. Концентрації понад 10 Бк/м³ припадали на періоди сильних вітрів та інтенсивних будівельних робіт.

18 CONTROL OF RELEASES OF RADIOACTIVE AEROSOLS FROM OBJECT "UKRYTTYA" IN 2007

**V. E. Khan, B. I. Ogorodnikov, O. K. Kalynovskiy,
P. N. Dubenko, V. B. Rybalka, V. A. Krasnov, P. I. Bulan**

The results of the control of radioactive aerosol releases from object "Ukryttya" in 2007 are submitted. The maximal rate of unorganized releases of radioactive aerosols from object "Ukryttya" was in a winter period, and reached 6.5 MBq/day. In system "Bypass" in 2007 the aerosols acted, as a rule, with activity median aerodynamic diameter more than 1 μm. The concentration of aerosols-carriers beta-radiating nuclides were within the range 1 - 10 Bq/m³. The concentration more than 10 Bq/m³ occurred for the periods of strong winds and intensive buildings works.