

КОНТРОЛЬ ВЫБРОСА РАДИОАКТИВНЫХ АЭРОЗОЛЕЙ ИЗ ОБЪЕКТА «УКРЫТИЕ» В 2008 г.

В. Е. Хан, Б. И. Огородников, А. К. Калиновский, В. А. Краснов

Институт проблем безопасности АЭС НАН Украины, Чернобыль

Представлены результаты контроля выброса радиоактивных аэрозолей из объекта «Укрытие» в 2008 г. Максимальная скорость неорганизованного выброса радиоактивных аэрозолей из объекта «Укрытие» наблюдалась в зимний период и достигала 3,5 МБк/сут. В систему «Байпас» в 2008 г. поступали, как правило, аэрозоли с АМАД более 5 мкм. Концентрации аэрозолей-носителей бета-излучающих нуклидов находились в диапазоне 1 – 10 Бк/м³.

Ключевые слова: объект «Укрытие», аэрозоли, объемная активность, АМАД.

Введение

В 2008 г. был продолжен систематический контроль количества и состава выброса 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 нового безопасного конфайнмента, монтажа и надвижки «Арки», для оценки безопасности.

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

Для оценки неорганизованного выброса [2] радиоактивных аэрозолей через технологические отверстия и неплотности легкой кровли применяли аккумулярующие 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).

В связи с проведенным ремонтом легкой кровли по плану SIP возник вопрос о величине суммарной площади отверстий на верхних отметках объекта «Укрытие». Для его решения были проанализированы следующие данные:

объемная скорость потока воздуха в системе «Байпас» после завершения ремонта легкой кровли объекта «Укрытие» и в аналогичный период 2006 – 2007 гг. (данные предоставлены ЦРБ ЧАЭС);

скорость накопления активности на планшетах за время экспозиций после завершения ремонта кровли и в аналогичный период 2006 – 2007 гг.

Анализ указанных данных не позволил получить однозначного ответа на поставленный вопрос. Причина, вероятно, заключается в недостаточности статистических данных, поскольку на величину скорости потока и выброса влияют погодные условия. Поэтому, исходя из консервативного подхода, суммарная площадь отверстий на верхних отметках объекта «Укрытие» при расчете интегрального выброса принималась, как и в предыдущие годы, равной 120 м² [3].

В связи с ремонтными работами на легкой кровле экспонирование планшетов с 4 июня по 2 июля 2008 г. не проводилось. Оценка верхнего предела выброса радиоактивных аэрозолей в указанный период была рассчитана исходя из предположения, что величина выброса будет близка к среднесуточной в аналогичные периоды 2005 – 2007 гг. Неорганизованный выброс альфа- и бета-активности с аэрозолями через отверстия и проемы на верхних отметках объекта «Укрытие» с начала 2008 г. по 31 декабря составил 6,4 и 590 МБк соответственно (табл. 1).

Таблица 1. Оценка выброса радиоактивных аэрозолей из объекта «Укрытие» в 2008 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
05.12.2007	62	0,013	0,48	3,50	130
05.02	37	0,033	1,7	2,5	220
13.03	20	0,015	2,0	0,95	240
03.04	33	0,009	2,3	0,67	260
06.05	28	0,007	2,5	0,96	290
04.06	28	0,014***	2,9	0,96***	310
02.07	35	0,009	3,2	0,83	340
06.08	28	0,014	3,6	0,89	370
03.09	28	0,011	3,9	1,0	400
01.10	36	0,042	5,4	3,3	510
06.11	26	0,019	5,9	1,4	550
02.12	64	0,017	6,4	1,5	590
Среднее		0,017		1,5	

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

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

*** Величины расчетные.

Максимальная скорость выброса бета-активных аэрозолей из объекта «Укрытие» в 2008 г. пришлась, как и в 2006 – 2007 гг., на зимний период и составляла от 2,5 до 3,5 МБк/сут. Кроме того, осенью при экспонировании планшетов с 1 октября по 6 ноября 2008 г. наблюдалось сезонное повышение скорости выброса, которая составила 3,3 МБк/сут.

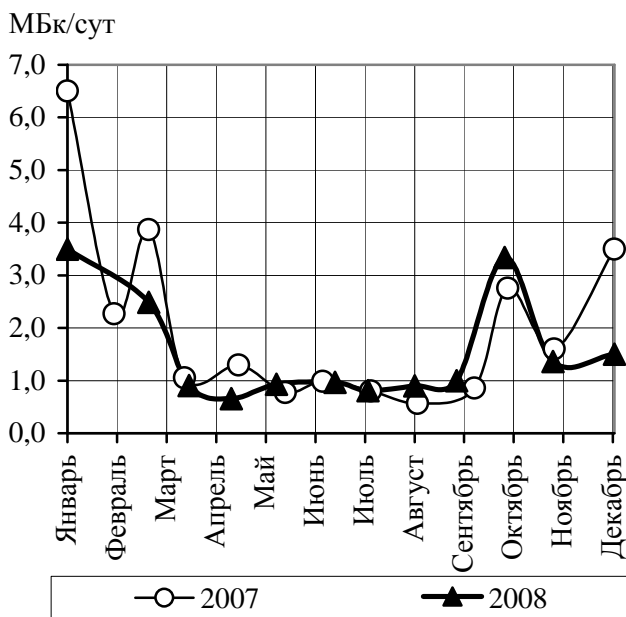


Рис. 1. Динамика неорганизованного выброса бета-активных аэрозолей из объекта «Укрытие» в 2007 – 2008 гг.

(рис. 1). Подобный рост скорости выброса радиоаэрозолей наблюдался также в октябре 2006 – 2007 гг.

Повышение скорости выброса в указанные периоды обусловлено значительной разностью температур внутри и снаружи объекта «Укрытие».

На рис. 2 представлена динамика неорганизованного выброса радиоаэрозолей через щели в кровле объекта «Укрытие» в период 1996 – 2008 гг.

В 2008 г. были продолжены начатые в 2002 г. наблюдения за концентрациями и дисперсным составом радиоактивных аэрозолей «организованного» выброса [2], поступающего из центрального зала объекта «Укрытие» в атмосферу через систему «Байпас» и высотную вентиляционную трубу ВТ-2. Пробы аэрозолей отбирали в помещении 2016/2 через имеющийся там люк в трубе системы «Байпас» с использованием пакетов трехслойных воло-

книстых фильтров Петрянова. Методика отбора и измерения бета-активности аэрозолей изложена в работе [2].

В табл. 2 представлены обобщенные данные концентраций и дисперсного состава радиоактивных аэрозолей. Как следует из таблицы и рис. 3, концентрация суммы бета-излучающих нуклидов ($\Sigma\beta$) изменялась в широком диапазоне от 0,2 до 100 Бк/м³. Наиболее

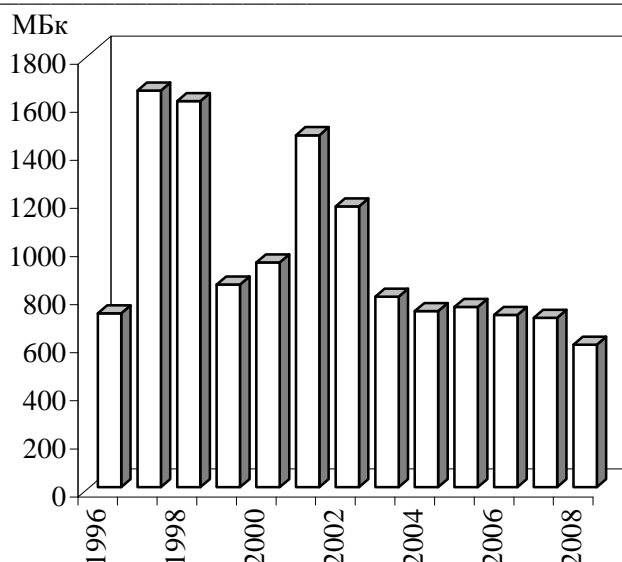


Рис. 2. Динамика выброса бета-активных аэрозолей через неплотности в кровле объекта «Укрытие» в 1996 – 2008 гг. по данным аккумулирующих планшетов.

часто (более 60 % проб) величина $\Sigma\beta$ составляла 1 – 10 Бк/м³. Лишь в девяти из 72 проб концентрация превышала 10 Бк/м³. Примерно также было в 2007 г.

Высокая активность пробы, взятой 8 апреля, когда $\Sigma\beta = 100$ Бк/м³, была связана с ветреной погодой. В этот день порывы ветра достигали 14 м/с. При этом средняя скорость во время пробоотбора была 5 м/с. 22 сентября, когда порывы ветра достигали 10 м/с, величина $\Sigma\beta$ составила 34 Бк/м³.

В большинстве случаев отношение концентраций ¹³⁷Cs и $\Sigma\beta$ находилось в диапазоне 0,3 – 0,5 (см. табл. 2), что уже было зарегистрировано при наблюдениях 2003 – 2007 гг. [1, 2, 8].

Концентрации аэрозолей-носителей дочерних продуктов радона и торона, как и в предыдущие годы, оставались достаточно стабильными: минимальные и мак-

симальные значения отличались от среднего уровня, как правило, не более чем в два-три раза. Это подтверждает ранее сделанный вывод о том, что генерация аэрозолей чернобыльского генезиса и продуктов распада естественных благородных газов происходит по различающимся причинам.

Таблица 2. Данные мониторинга радиоактивных аэрозолей в системе «Байпас» объекта «Укрытие» в 2008 г.

Дата	Концентрация, Бк/м ³				¹³⁷ Cs Σβ	Σβ		ДПР		Условия отбора	Ветер		
	¹³⁷ Cs	Σβ	ДПР	²¹² Pb		АМАД, мкм	σ	АМАД, мкм	σ		средний, м/с	порывы, м/с	направление
07.02	0,19	0,27	10	1,6	0,71	6,5	1,9	0,31	2,3		2	6,5	180
08.02	0,31	0,72	9,0	1,3	0,43	6,5	1,9	0,36	2,4		2,5	6	140
11.02	1,2	11	14	3,9	0,11	5,6	1,2	0,28	3,1	ясно	1	3,5	70
12.02	6,5	20	9,0	2,0	0,33	7,5	1,4	0,11	4,3	ясно, штиль	0,5	2	230
13.02	0,50	0,75	8,0	1,4	0,67	3,6	1,7	0,42	8,1		1	3,5	275
14.02	0,88	3,2	4,0	1,1	0,28	3,5	1,6	0,34	9,7		3	7	290
15.02	4,5	11	1,7	0,66	0,42	2,4	2,0	0,13	5,4	ветрено	1,5	9,5	320
18.02	2,3	7,5	10	2,3	0,30	8,1	1,6	0,24	2,4		2,5	7	250
19.02	0,67	1,3	8,0	2,8	0,55	15	1,7	0,27	5,6		2	6	265
20.02	0,79	2,4	4,0	1,5	0,33	3,5	2,0	0,23	8,2	ясно	2	5	275
13.03	2,8	12	20	5,9	0,23	9,0	1,3	0,23	4,5		2	7	220
14.03	0,57	1,2	8,0	1,9	0,48	6,9	1,9	0,2	5,8		4	8	270
17.03	0,47	1,4	34	3,8	0,35	11	1,9	0,27	5,5	штиль	0	3	0
18.03	7,5	17	19	5,3	0,45	5,1	1,2	0,15	13	ветрено	4	8	240
19.03	0,65	1,2	7,0	2,4	0,53	4,4	1,7	0,3	5,5	ветрено	3	9	250
20.03	0,75	1,0	6,0	0,92	0,73	-	-	-	-	ветрено	4	8	250
21.03	0,48	0,52	14	4,4	0,92	5,2	1,6	0,28	4,1		2	5	230

Продолжение табл. 2

Дата	Концентрация, Бк/м ³				¹³⁷ Cs Σβ	Σβ		ДПР		Условия отбора	Ветер		
	¹³⁷ Cs	Σβ	ДПР	²¹² Pb		АМАД, мкм	σ	АМАД, мкм	σ		средний, м/с	порывы, м/с	направ- ление
26.03	1,1	1,8	10	2,6	0,62	5,1	1,5	0,36	5,8		2	7	280
27.03	1,9	5,4	13	4,4	0,35	5,2	1,0	0,14	5,1	ясно	2	6	240
02.04	1,6	4,3	8,0	1,0	0,37	8,5	1,4	0,14	5,3		1	4	360
03.04	1,4	2,2	21	4,4	0,65	6,8	1,3	0,11	16	до МСПП	1	4	360
03.04	0,88	1,7	12	2,0	0,52	9,8	1,8	0,24	2,4	при МСПП	1	1	360
03.04	0,53	1,0	9,0	1,1	0,52	6,5	1,9	0,24	3,3	после МСПП	2	5	10
04.04	0,34	0,71	15	2,5	0,48	6,9	1,2	0,16	4,2		2	4	360
08.04	33	100	4,0	1,6	0,33	4,8	1,2	0,09	14	ветрено	5	14	220
09.04	2,2	4,7	7,0	0,46	0,47	7,3	1,5	0,21	3,6	ветрено	4	9	160
10.04	0,45	1,9	5,0	0,63	0,23	7,3	1,7	0,34	10		3	7	160
11.04	0,34	0,43	8,0	0,87	0,68	5,4	1,2	0,32	5,7	до МСПП	2	5	180
11.04	0,62	1,4	6,0	0,86	0,33	8,7	1,6	0,31	6,9	при МСПП	3	7	190
11.04	0,48	0,85	6,0	0,80	0,61	6,5	1,5	0,31	5,8	после МСПП	3	7	190
14.04	4,6	14	12	4,5	0,33	6,4	1,7	0,08	7,9	ветрено	4	11	300
20.05	-	0,52	53	7,4	-	4,7	3,4	0,14	5,3	нет тяги в	3	10	180
22.05	-	0,04	41	1,5	-	-	-	-	-	"Байпасе"	1	4	120
22.05	1,7	4,7	6,0	0,75	0,38	6,4	1,8	0,23	5,7		1	4	120
23.05	0,76	2,0	4,4	0,92	0,38	4,5	1,5	0,4	8,4	ясно	2	5	120
26.05	0,43	1,5	11	4,5	0,28	0,68	1,0	0,15	7,2		2	8	10
27.05	0,56	0,95	25	10,2	0,59	5,4	2,0	0,08	8,5		1	2	300
28.05	1,2	1,9	14	5,8	0,64	5,8	1,6	0,18	2,7		2	5	300
29.05	0,28	0,92	20	8,2	0,30	7,1	2,3	0,09	7,4	ясно	1	7	320
30.05	0,41	0,67	16	5,2	0,61	2,0	2,9	0,13	6,0		1	3	300
16.09	1,4	4,0	9,0	2,4	0,35	7,9	1,8	0,33	4,0		1	5	60
17.09	0,27	0,54	16	2,6	0,50	7,7	1,8	0,41	3,8		1,5	6	50
18.09	0,26	0,59	13	1,8	0,44	5,1	3,3	0,28	4,0		2	5	30
19.09	0,52	0,95	13	1,9	0,55	3,3	1,3	0,29	4,0		1,5	5	30
22.09	14	34	15	2,7	0,41	6,9	1,4	0,11	5,4	ветрено	2	8	90
23.09	8,1	13			0,61	3,9	2,0				2	6	50
25.09	1,4	2,5	15	2,5	0,54	5,2	2,1	0,1	5,1		1,5	5	360
26.09	3,0	5,7	16	3,4	0,52	3,4	2,0	0,03	14	ясно	1,5	5	340
29.09	3,5	8,1	24	8,0	0,43	1,7	1,4	0,08	4,2	туман	3	7	270
30.09	0,75	1,1	18	3,1	0,68	2,8	2,4	0,09	6,9		2	4,5	230
01.10	0,25	0,59	9,0	0,69	0,38	5,3	3,2	0,14	5,1		2	7	190
02.10	0,19	0,46	13	1,6	0,42	1,3	1,4	0,14	4,1		2,5	6,5	185
03.10	0,71	2,1	24	4,0	0,34	0,73	1,0	0,04	10		1	3,5	145
06.10	1,1	2,4	26	7,8	0,45	2,3	1,5	0,09	6,3	штиль	1	3	80
07.10	0,67	1,6	11	2,0	0,41	4,2	1,9	0,14	3,7	туман	1	3,5	135

Дата	Концентрация, Бк/м ³				$\frac{^{137}\text{Cs}}{\Sigma\beta}$	$\Sigma\beta$		ДПР		Условия отбора	Ветер		
	^{137}Cs	$\Sigma\beta$	ДПР	^{212}Pb		АМАД, мкм	σ	АМАД, мкм	σ		средний, м/с	порывы, м/с	направление
08.10	0,63	1,4	8,0	1,9	0,44	5,1	2,0	0,21	1,7	туман	1	5	325
09.10	2,5	6,2	9,0	2,0	0,39	1,2	1,4	0,2	4,0	туман	1	5	345
10.10	0,50	1,4	12	0,81	0,35	3,9	2,3	0,16	5,3	ясно	1	3,5	225
13.10	0,32	0,74	16	5,3	0,23	1,7	2,0	0,06	7,6	ветрено	2	9	260
14.10	0,14	0,42	10	1,6	0,29	5,7	3,3	0,17	3,2		1,5	4	235
15.10	1,5	4,7	22	5,2	0,31	4,2	2,1	0,16	2,7		2	6	270
18.11	1,1	2,7	7,0	1,9	0,4	1,0	1,3	0,3	2,9		1,5	5,5	270
19.11	0,76	2,2	10	3,0	0,34	1,3	1,3	0,1	5,9	ветрено	3	8,5	190
20.11	0,74	1,8	7,0	0,7	0,4	2,7	1,3	0,22	2,0	ветрено	3,5	10	220
01.12	0,28	0,70	20	4,7	0,4	5,0	2,2	0,24	1,9	туман	3	7,5	130
02.12	1,2	4,7	25	5,0	0,25	5,0	2,3	0,17	3,9	туман	2	5	140
03.12	0,73	3,1	26	5,4	0,24	4,6	1,1	0,13	6,2	туман	3	6	140
04.12	0,24	0,56	14	2,5	0,43	2,8	2,4	0,12	5,4		1,5	4	150
05.12	0,34	1,2	18	1,3	0,27	5,3	2,0	0,19	1,7	ясно	3,5	9	150
08.12	2,4	5,5	6,0	1,8	0,44	4,0	1,6	0,40	5,9	ветрено	3,5	9,5	330
10.12	0,36	0,81	9,0	2,3	0,44	1,26	4,7	0,19	2,8	штиль	1	2,5	115
11.12	0,32	0,43	14	1,4	0,74	4,38	1,6	0,21	2,7		3	5,5	130

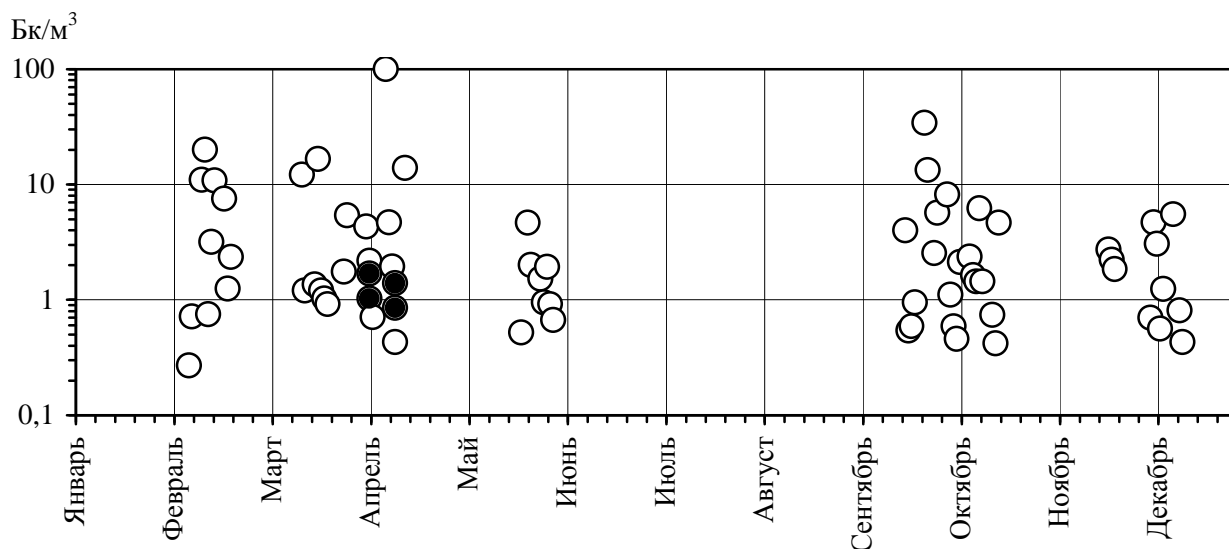


Рис. 3. Объемная активность аэрозолей-носителей суммы бета-излучающих нуклидов в системе "Байпас" объекта "Укрытие" в 2008 г. (● - пробы, отобранные при работе МСПП).

Из табл. 2 и рис. 4 следует, что в большинстве случаев концентрация ^{212}Pb - дочернего продукта торона, имеющего период полураспада 10,64 ч, находится в диапазоне 1 – 5 Бк/м³. Высокие концентрации ^{212}Pb в диапазоне 5 – 10 Бк/м³ были зарегистрированы 20 и 26 – 30 мая, когда из-за высокой температуры наружного воздуха тяга в системе «Байпас» была слабая. Концентраций ^{212}Pb менее 0,45 Бк/м³ не зарегистрировано. Сопоставление данных 2008 г. и пяти предыдущих лет показывает их практическое совпадение [1, 2, 8]. Необходимо отметить, что в феврале – марте 2008 г. при отборе радиоактивных аэрозолей в помещениях 207/4 и 318/2 сотрудниками отделения радиационных технологий, материаловедения и экологических исследований ИПБ АЭС НАН Украины зарегистрировали концентрации ^{212}Pb

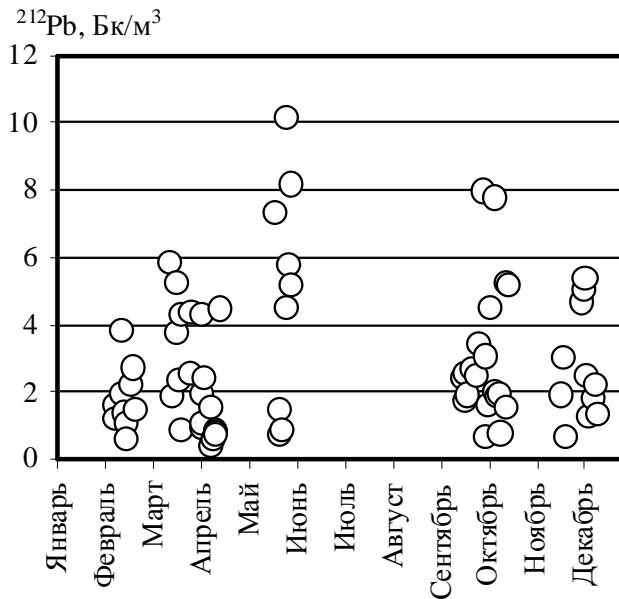


Рис. 4. Объемная активность ²¹²Pb в системе «Байпас» объекта «Укрытие» в 2008 г.

в диапазоне 2 – 3 Бк/м³, что практически совпадало с результатами, полученными в системе «Байпас» [9].

Расчет дисперсного состава аэрозолей был выполнен в соответствии с методикой [4]. Носителями радионуклидов-продуктов Чернобыльской аварии были, как правило, частицы с активностным медианным аэродинамическим диаметром (АМАД) более 2 мкм (рис. 5). В большинстве проб АМАД превосходил 5 мкм, а в пяти пробах – 8 мкм. При этом наличие крупных частиц не совпадало с высокими концентрациями Σβ.

Как и в предыдущие годы, дочерние продукты радона и торона были преимущественно ассоциированы с аэрозольными частицами, имевшими АМАД в диапазоне 0,08 – 0,4 мкм. Лишь в трех пробах АМАД был 0,03 – 0,06 мкм.

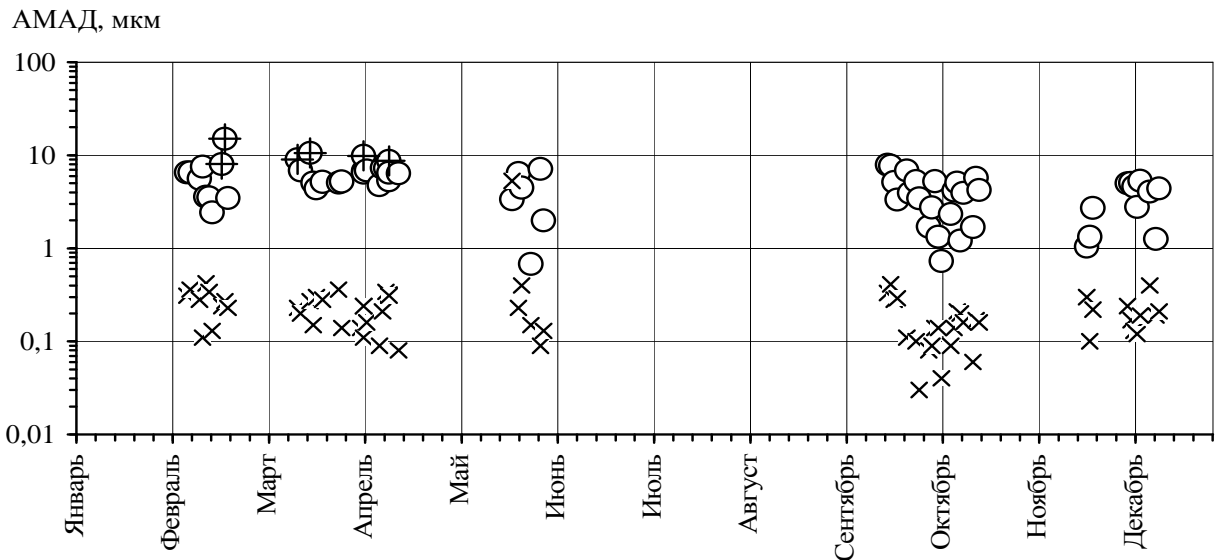


Рис. 5. АМАД носителей радионуклидов-продуктов Чернобыльской аварии (O) и дочерних продуктов радона и торона (x) в «Байпасе» объекта «Укрытие» в 2008 г.

⊕ - выделены пробы с АМАД больше 8 мкм.

Особый интерес представила динамика концентраций радиоактивных аэрозолей в системе «Байпас» объекта «Укрытие» при проведении сеансов пылеподавления в апреле 2008 г.

Как известно, после сдачи в 2006 г. в эксплуатацию модернизированной системы пылеподавления (МСПП) ее регламентная работа должна проходить дважды в год: весной и осенью. В апреле 2008 г. во время весеннего цикла пробы аэрозолей были отобраны из «Байпаса» перед началом работы форсунок, в процессе распыления через них растворов и спустя полтора-два часа после окончания подачи растворов. Первый сеанс проходил в первой половине дня 3 апреля, второй – через неделю 11 апреля. По данным метеостанции «Чернобыль» 3 апреля с утра наблюдалась дымка, температура воздуха с утренних 8 °С поднялась к середине дня до 12 °С, ветер был северный 1 – 2 м/с. Во второй день наблюдалась переменная облачность с температурой от 9 до 17 °С, преобладал южный ветер со

скоростью 2 – 3 м/с и порывами 5 – 7 м/с. Многолетние наблюдения свидетельствуют, что при таких метеоусловиях аэрозольная обстановка в объекте «Укрытие» остается спокойной.

За два сеанса в подкровельное пространство объекта «Укрытие» поступило около 60 т водных полимерных растворов и промывочной воды.

График отбора аэрозольных проб в системе «Байпас» и результаты измерений радионуклидного и дисперсного составов 3 и 11 апреля 2008 г. представлен в табл. 3. Как следует из нее, работа МСПП 3 апреля способствовала понижению концентрации аэрозоль-продуктов Чернобыльской аварии в два-три раза. Однако 11 апреля наблюдалась обратная картина – концентрация $\Sigma\beta$ и, в частности ^{137}Cs , в период работы форсунок увеличилась в два-три раза, а после завершения распыления растворов была выше «фонового» уровня в полтора-два раза. При этом концентрация ^{212}Pb оставалась практически неизменной. На основании этих данных можно заключить, что проведение двух сеансов пылеподавления весной 2008 г. не привело к существенному улучшению или ухудшению аэрозольной обстановки в подкровельном пространстве объекта «Укрытие». В целом концентрации радиоактивных аэрозолей как во время работы форсунок, так и в течение двух часов после окончания распыления растворов оставались на среднестатистическом уровне, наблюдавшемся в 2008 г. и несколькими годами ранее.

Таблица 3. Радионуклидный и дисперсный составы аэрозолей в системе «Байпас» объекта «Укрытие» при сеансах МСПП в апреле 2008 г.

Дата	Время отбора	Условия отбора	Концентрация, Бк/м ³			Дисперсность			
			$\Sigma\beta$	^{137}Cs	^{212}Pb	$\Sigma\beta$		^{212}Pb	
						АМАД, мкм	σ	АМАД, мкм	σ
03.04	08 ⁵⁶ - 10 ⁴¹	до МСПП	2,18	1,41	4,4	6,8	1,3	0,11	-
	10 ⁴² - 12 ¹²	при МСПП	1,69	0,88	2,0	свыше 8	-	0,24	2,4
	12 ¹⁴ - 14 ⁰²	при МСПП	1,03	0,53	1,1	6,5	1,9	0,24	3,3
11.04	08 ⁵² - 10 ⁵²	до МСПП	0,43	0,34	0,87	5,4	1,3	0,32	5,7
	10 ⁵³ - 13 ¹²	при МСПП	1,39	0,62	0,86	свыше 8	-	0,31	6,9
	13 ¹⁴ - 14 ⁵⁸	после МСПП	0,85	0,48	0,80	-	-	-	-

Сопоставляя аэрозольную обстановку в системе «Байпас» в 2004 – 2005 гг., когда обрабатывалась и вводилась в эксплуатацию МСПП, с тем, что наблюдалось в апреле 2008 г., можно сделать вывод о том, что на поверхности развала центрального зала и в помещениях на его периферии, где стали работать коллекторы № 2 и № 3, образовалась и сохраняет свои свойства полимерная пленка, предотвращающая пылеподъем. В период создания такой пленки в 2004 – 2005 гг. при включении коллекторов № 1 – 3 концентрации аэрозоль-продуктов Чернобыльской аварии иногда возрастали на порядок величины.

Из табл. 3 также следует, что дисперсность аэрозоль-носителей $\Sigma\beta$ -активности и ^{212}Pb оставалась стабильной: первые были сосредоточены на частицах-носителях, имевших АМАД крупнее 5 мкм, а вторые – на ядрах конденсации с АМАД 0,1 – 0,3 мкм. Такие показатели уже неоднократно были зарегистрированы в объекте «Укрытие» [1, 2, 8].

Однако, как показали пробоотборы в системе «Байпас», выполненные в апреле 2008 г., эксплуатация МСПП еще не гарантирует низких выбросов аэрозолей через «Байпас» в свободную атмосферу. Среди причин, которые могут привести к резкому возрастанию концентраций аэрозолей, – сильные ветры во внешней среде. Проиллюстрируем это на примере нескольких проб, отобранных в системе «Байпас» после сеанса МСПП, проведенного 3 апреля. При очередном пробоотборе, выполненном через сутки (4 апреля), когда практически сохранялись метеоусловия предыдущего дня и средняя скорость ветра составляла 2 м/с при максимальных порывах 5 м/с, величина $\Sigma\beta = 0,71$, $^{137}\text{Cs} = 0,34$ и $^{212}\text{Pb} = 2,5$ Бк/м³, т.е. на уровне того, что наблюдалось 3 апреля. Но 8 апреля, когда средняя скорость ветра возросла до 5 м/с, а порывы – до 14 м/с, концентрация $\Sigma\beta$ возросла до

100 Бк/м³, а ¹³⁷Cs – до 33 Бк/м³. При этом объемная активность ²¹²Pb практически не изменилась и составила 2,4 Бк/м³. Вслед за этим 9 и 10 апреля средняя скорость ветра снизилась соответственно до 4 и 3 м/с, а порывы до 9 и 7 м/с. При этом концентрации Σβ упали до 4,7 и 1,9 Бк/м³, ¹³⁷Cs – до 2,2 и 0,5 Бк/м³, а ²¹²Pb – до 0,5 – 0,6 Бк/м³. Таким образом, увеличение концентраций аэрозолей-носителей продуктов Чернобыльской аварии 8 апреля было обусловлено выбросом аэрозолей сильными воздушными потоками из помещений объекта «Укрытие», которые остаются вне зоны действия МСПП.

Практически аналогично проявилось воздействие ветра и после второго сеанса пылеподавления, выполненного 11 апреля. На этот раз сильный северо-западный ветер наблюдался 14 апреля: средняя скорость во время пробоотбора в системе «Байпас» составляла 4 м/с при максимальных порывах 11 м/с. День был ясный, без осадков, с температурой до 14 °С. На этот раз концентрация Σβ-излучающих долгоживущих нуклидов примерно с 1 Бк/м³, наблюдавшаяся в день работы МСПП 11 апреля, поднялась до 14 Бк/м³, а ¹³⁷Cs с 0,5 - 0,6 до 4,6 Бк/м³. Зарегистрированные концентрации оказались ниже, чем 8 апреля по двум причинам: во-первых, порывы ветра достигали не 14, а 11 м/с, во-вторых, часть аэрозолей могла быть вынесена еще накануне, когда с полудня до вечера порывы достигали 9 – 11 м/с. Кроме того, часть аэрозолей была закреплена дополнительно при сеансе МСПП 11 апреля.

Необычный радионуклидный состав аэрозолей был обнаружен в пробах, отобранных из системы «Байпас» 11 и 12 февраля. После измерения первой пробы на КРК-1 и гамма-спектрометре оказалось, что отношение концентрации ¹³⁷Cs к концентрации смеси бета-излучающих долгоживущих радионуклидов ¹³⁷Cs/Σβ = 0,11 (см. табл. 2). Эта величина в три-пять раз меньше, чем обычно наблюдаемая в аэрозольных пробах из «Байпаса». Дополнительное измерение пробы на рентгеновском гамма-спектрометре в ГСНПП «Экоцентр» показало, что соотношение концентраций ¹³⁷Cs и ²⁴¹Am соответствует 11,2. Это значение в 3,5 раза меньше, чем расчетное для радионуклидов в базовом составе топлива 4-го энергоблока [5]. Третье независимое измерение пробы было выполнено на бета-спектрометре СЕБ-01-70 в лаборатории радиационного и экологического мониторинга ЦРБ ЧАЭС. Установлено, что соотношение количеств ¹³⁷Cs и ⁹⁰Sr равнялось 0,56, что в два раза меньше, чем для отношения этих радионуклидов в базовом составе топлива 4-го энергоблока, равного 1,17. На основании этих измерений был сделан вывод, что в аэрозольной пробе, отобранной 11 февраля, наблюдался примерно трехкратный дефицит ¹³⁷Cs.

Спустя сутки (12 февраля) в системе «Байпас» была отобрана очередная проба, в которой соотношение концентраций ¹³⁷Cs и ²⁴¹Am было равно 19,2. Это значение в два раза ниже, чем для базового состава топлива. Следовательно, и в этой пробе аэрозоли были обеднены радиоцезием.

Последующие пробоотборы, выполненные в системе «Байпас» 13 – 15 февраля, свидетельствовали, что аномальных концентраций и соотношений радионуклидов не наблюдалось.

Таким образом, пробоотборы, выполненные в объекте «Укрытие», позволяют предположить, что 11 и 12 февраля (а возможно, на день-два раньше, поскольку предыдущая проба в «Байпасе» была отобрана 8 февраля) в каких-то помещениях произошла генерация аэрозолей с аномальным радионуклидным составом. Этому никак не способствовала метеоситуация. По данным метеостанции «Чернобыль» стояла тихая погода со средней скоростью ветра 1 м/с, температурами в дневные часы около 0 °С, без осадков, снежного покрова не было.

Ранее подобная аномалия радионуклидного состава аэрозолей была зарегистрирована в ноябре 2004 г. при извлечении блока датчиков из скважины 3.10.Г в помещении 207/4 [6]. Тогда было зарегистрировано отношение ¹³⁷Cs/²⁴¹Am = 15, что в 2,6 раз ниже расчетного. При этом соотношение активностей ¹³⁷Cs и ⁹⁰Sr равнялось 0,71, а в соседнем коридоре 206/2 – 0,58. Последняя величина вдвое ниже расчетной для базового состава топлива 4-го блока. Кроме того, аэрозоли имели необычную рыжую окраску.

Из проведенных наблюдений следует, что в объекте «Укрытие» периодически возникают ситуации, в которых во внешнюю среду могут поступать аэрозоли из подреакторного пространства, в частности через систему «Байпас» и высотную трубу ВТ-2.

Подводя итог наблюдениям в 2008 г., можно сделать заключение, что как по концентрациям радионуклидов, так и по дисперсному составу аэрозоли, поступающие из центрального зала 4-го блока в систему «Байпас», а затем трубу ВТ-2, практически не изменились по сравнению с 2004 – 2007 гг. [1, 2, 7, 8]. Из результатов, представленных в табл. 2, а также из рис. 1, 3 и 4 следует, что концентрации $\Sigma\beta$, ^{137}Cs и ^{212}Pb во второй половине года оставались практически такими же, как в первой. Из этого можно заключить, что ликвидация части отверстий на легкой кровле летом 2008 г. не привела к существенному изменению аэрозольной обстановки в объекте «Укрытие» и не отразилась на выбросе радиоактивных веществ как через вентиляционную трубу ВТ-2, так и через неплотности (щели) внешних конструкций.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Хан В.Е., Огородников Б.И., Калиновский А.К. и др. Контроль выбросов радиоактивных аэрозолей из объекта «Укрытие» в 2007 г. // Проблемы безпеки атомних електростанцій і Чорнобиля. - 2008. - Вип. 9. - С. 48 - 53.
2. Хан В.Е., Огородников Б.И., Калиновский А.К. и др. Контроль выбросов радиоактивных аэрозолей из объекта «Укрытие» в 2006 г. // Там же. - 2007. - Вип. 7. - С. 116 - 121.
3. 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.
4. Vidyka 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. Состояние ядерной, радиационной и экологической безопасности объекта «Укрытие»: (Отчет) / Институт высоких технологий экспериментального машиностроения РНЦ «Курчатовский институт». - М., 1995.
6. Огородников Б.И., Звеницкий М.И., Дубас В.Н. Аэрозольная обстановка при замене в скважине 3.10.Г объекта «Укрытие» блока детектирования состояния топливосодержащих материалов в ноябре 2004 г. // Проблемы безпеки атомних електростанцій і Чорнобиля. - 2005. - Вип. 2. - С. 41 – 45.
7. Павлюченко Н.И., Хан В.Е., Криницын А.П. и др. Контроль неорганизованных сбросов и выбросов из объекта «Укрытие» в 2004 г. // Там же. – С. 22 - 32.
8. 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.
9. Бадковский В.П., Ключников А.А., Кравчук Т.А. и др. Мониторинг аэрозольной обстановки в некоторых подреакторных помещениях объекта «Укрытие» // Там же. – 2008. – Вип. 10 - С. 99 - 110.

КОНТРОЛЬ ВИКИДУ РАДІОАКТИВНИХ АЕРОЗОЛІВ З ОБ'ЄКТА "УКРИТТЯ" В 2008 Р.

В. Є. Хан, Б. І. Огородніков, О. К. Калиновський, В. О. Краснов

Наведено результати контролю викиду радіоактивних аерозолів з об'єкта "Укриття" в 2008 р. Максимальна швидкість неорганізованого викиду радіоактивних аерозолів з об'єкта «Укриття» спостерігалася в зимовий період і досягала 3,5 МБк/доб. У систему «Байпас» у 2008 р. поступали, як правило, аерозолі з АМАД більше 5 мкм. Концентрації аерозолів-носіїв бета-випромінюючих нуклідів знаходилися в діапазоні 1 – 10 Бк/м³.

Ключові слова: об'єкт "Укриття, аерозолі, об'ємна активність, АМАД.

CONTROL OF RELEASES OF RADIOACTIVE AEROSOLS FROM OBJECT "UKRYTTYA" IN 2008

V. E. Khan, B. I. Ogorodnikov, O. K. Kalynovskiy, V. O. Krasnov

The results of the control of radioactive aerosol releases from object "Ukryttya" in 2008 are submitted. The maximal rate of unorganized releases of radioactive aerosols from object "Ukryttya" was in a winter period, and reached 3.5 MBq/day. In system "Bypass" in 2008 the aerosols acted, as a rule, with activity median aerodynamic diameter more than 5 μm . The concentration of aerosol-carriers beta-radiating nuclides was within the range 1 – 10 Bq/m³.

Keywords: object "Ukryttya", aerosols, volumetric activity, activity median aerodynamic diameter.

Поступила в редакцию 01.04.09