

В. Е. Хан¹, Б. И. Огородников^{1,2}, А. К. Калиновский¹, В. А. Краснов¹

¹Институт проблем безопасности АЭС НАН Украины, ул. Кирова, 36а, Чернобыль, 07270, Украина

²«Физико-химический институт им. Л. Я. Карпова», пер. Обуха, д. 3-1/12, стр. 6, Москва, 105064, Россия

КОНТРОЛЬ ВЫБРОСОВ РАДИОАКТИВНЫХ АЭРОЗОЛЕЙ ИЗ ОБЪЕКТА «УКРЫТИЕ» В 2013 г.

Представлены результаты контроля выбросов радиоактивных аэрозолей из объекта «Укрытие» в 2013 г. Максимальная скорость неорганизованного выброса бета-излучающих продуктов Чернобыльской аварии наблюдалась в зимний период и достигала 2,1 МБк/сут. Концентрации суммы долгоживущих бета-излучающих аэрозолей, поступавших в атмосферу через систему «Байпас», находились обычно в диапазоне 0,5 – 10 Бк/м³ (максимальная концентрация 100 Бк/м³). Их носителями в большинстве случаев были частицы с АМАД 1 – 6 мкм. Концентрации ²¹²Pb – дочернего продукта торона – составляли, как правило, 1 – 5 Бк/м³. Его носители обычно имели АМАД 0,07 – 0,3 мкм. Объемные активности и дисперсность аэрозолей в выбросах из объекта «Укрытие» остаются практически стабильными на протяжении последних 10 лет. Показано, что соотношение концентраций короткоживущих дочерних продуктов радона и ²¹²Pb в воздушном потоке, выбрасываемом в атмосферу через систему «Байпас», остается постоянным и близко к 4.

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

Введение

В 2013 г. был продолжен контроль количества и состава радиоактивных аэрозолей, выбрасываемых из объекта «Укрытие» [1]. Начатые более 20 лет назад наблюдения остаются важным источником экспериментальных данных, необходимых как для оценки влияния объекта «Укрытие» на окружающую среду, так и решения задач по проектированию и созданию нового безопасного конфайнмента («Арки»).

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 аккумулялирующие планшеты из марли. 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 марлю предварительно пропитывали нефтепродуктами (литол-24 и масло-разбавитель).

Суммарная площадь отверстий на верхних отметках объекта «Укрытие» при расчете интегрального выброса принималась, как и в предыдущие годы, равной 120 м² [1, 3].

Неорганизованный выброс альфа- и бета-активности с аэрозолями через отверстия и проемы на верхних отметках объекта «Укрытие» с начала 2013 г. по 31 декабря составил 4,7 и 330 МБк соответственно (табл. 1). Сумма альфа-излучателей включает изотопы ²⁴⁰Pu, ²³⁹Pu, ²³⁸Pu, ²⁴¹Am, а сумма бета-излучателей - изотопы ¹³⁷Cs, ⁹⁰Sr + ⁹⁰Y, ²⁴¹Pu. Активность изотопов плутония определялась расчетным методом с использованием коэффициента пропорциональности между плутонием и ²⁴¹Am для базового состава облученного топлива 4-го энергоблока [4]. Активность ⁹⁰Sr + ⁹⁰Y также определялась расчетным методом по активности ¹³⁷Cs с использованием коэффициента пропорциональности, равного 1,7 [4, 5].

Максимальная скорость выброса радиоактивных аэрозолей из объекта «Укрытие» в отчетный период пришлась, как и в предыдущие годы, на холодный период года и достигала 2,1 МБк/сут за время экспозиции планшетов с 5 марта по 4 апреля. Повышение скорости выброса в указанный период обусловлено метеорологическими параметрами. В марте зарегистрировано максимальное в 2013 г. количество случаев (15 %), характерных для экстремальных метеорологических ситуаций, когда скорость ветра за трехчасовой период усреднения превышает 5 м/с. Продолжительность периодов экстремальных синоптических ситуаций в марте также была максимальной и составляла 57 ч. В сочетании с резкими и частыми порывами ветра до 13 м/с и разностью температур внутри и снаружи объекта «Укрытие» (температура внутри объекта была выше, чем в окружающей среде) это создавало

© В. Е. Хан, Б. И. Огородников, А. К. Калиновский, В. А. Краснов, 2014

условия для выноса радиоактивных частиц. В первую очередь это относится к нижним отметкам блока, где сосредоточены основные запасы нефиксированной радиоактивной пыли. Подобное сезонное повышение скорости выброса радиоактивных аэрозолей происходило и ранее (рис. 1). При этом наблюдается тенденция к снижению выброса радиоактивных аэрозолей в зимний период, который составлял (МБк): 570 в 2007 г.; 470 в 2008 г.; 340 в 2009 г.; 360 в 2010 г.; 290 в 2011 г.; 180 в 2012 г.; 140 в 2013 г.

Таблица 1. Оценка выброса радиоактивных аэрозолей из объекта «Укрытие» в 2013 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
05.12.2012	42	0,0036	0,15	0,29	12
16.01	21	0,0086	0,33	0,69	27
06.02	27	0,023	0,94	1,9	77
05.03	30	0,031	1,9	2,1	139
04.04	41	0,0061	2,1	0,37	154
15.05	19	0,0068	2,3	0,45	163
03.06	36	0,0025	2,4	0,20	170
09.07	28	0,0036	2,5	0,23	176
06.08	28	0,027	3,2	1,2	209
03.09	29	0,0093	3,5	0,88	235
02.10	26	0,0038	3,6	0,34	244
28.10	36	0,014	4,1	1,3	289
03.12	43	0,014	4,7	0,91	328
Среднее		0,012	—	0,82	—

Повышение величины неорганизованного выброса в августе 2013 г. (33 МБк по сумме бета-излучения) носит в первую очередь сезонный характер (см. рис. 1). Последующее снижение скорости выброса в сентябре и октябре также обусловлено метеоусловиями – обильными осадками и повышением влажности воздуха.

На рис. 2 представлена динамика неорганизованного выброса радиоактивных аэрозолей через щели в кровле объекта «Укрытие» в период 1998 – 2013 гг. Как видно из рисунка, в 1998 г. наблюдалось возрастание активности, что обусловлено проведением работ по укреплению вентиляционной трубы. Повышение аэрозольной активности в 2001 г. объясняется сочетанием неблагоприятных ме-

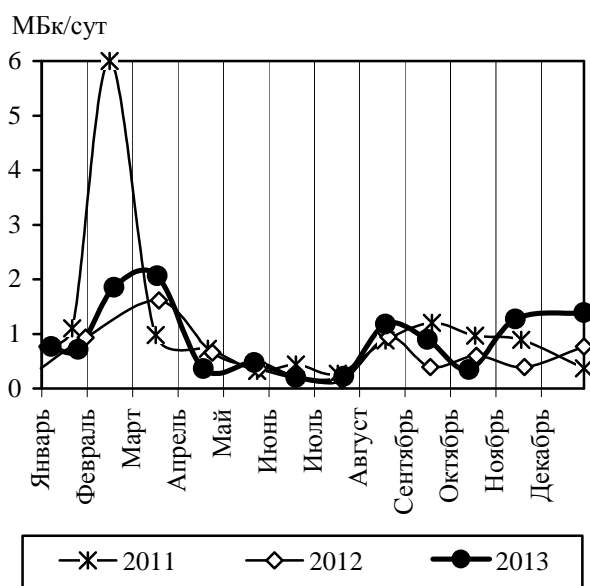


Рис. 1. Динамика неорганизованного выброса бета-активных аэрозолей из объекта «Укрытие» в 2011 – 2013 гг.

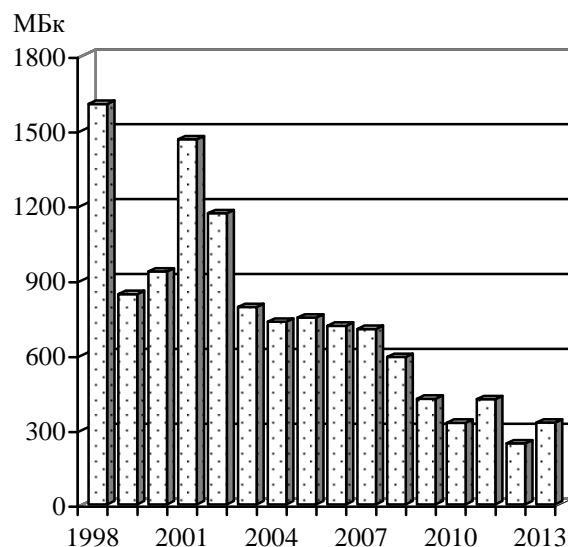


Рис. 2. Динамика неорганизованного выброса бета-активных аэрозолей из объекта «Укрытие» в 1998 – 2013 гг.

теоусловий (сухое жаркое и ветреное лето) с проведением ремонтных работ на легкой кровле. В последующие годы наблюдалось снижение неорганизованного выброса радиоактивных аэрозолей через отверстия и проемы на верхних отметках объекта «Укрытие».

Повышение выброса в 2011 г. по сравнению с 2010 г. обусловлено как повышенным выбросом в зимний период, так и проведением работ по обустройству и монтажу новой вентиляционной трубы. Эти работы включали демонтаж участка крыши взрывным способом с последующим долблением и резкой бетона. Сотрясения от этих работ, несомненно, передавались на конструкции подкровельного пространства и приводили к генерации аэрозолей. Это внесло дополнительный вклад в общую величину неорганизованного выброса аэрозолей. Неорганизованный выброс радиоаэрозолей в 2012 г. был наименьшим за все годы наблюдений. Повышение величины неорганизованного выброса в августе 2013 г. (33 МБк по сумме бета-излучения) носит, в первую очередь, сезонный характер (см. рис. 1). Последующее снижение скорости выброса в сентябре и октябре также обусловлено метеоусловиями - обильными осадками и повышением влажности воздуха. Существенное повышение выброса в ноябре 2013 г. вызвано проведением работ по демонтажу вентиляционной трубы ВТ-2.

Результаты контроля выброса радиоактивных аэрозолей в системе «Байпас»

В 2013 г. были продолжены начатые в 2002 г. наблюдения за концентрациями и дисперсным составом радиоактивных аэрозолей, поступающих из центрального зала объекта «Укрытие» в атмосферу через систему «Байпас» и высотную вентиляционную трубу («организованный» выброс) [2].

Организация и выполнение отбора проб аэрозолей

Необходимо отметить, что в первой половине 2013 г. в качестве одного из этапов сооружения «Арки» был завершен монтаж новой вентиляционной трубы (НВТ), устье которой смещено на 5 м юго-восточнее устья ВТ-2. В конце августа устье ВТ-2 было перекрыто, и воздушные потоки пошли через НВТ. С 31 октября по 25 ноября состоялся демонтаж ВТ-2. За это время труба была разрезана на семь секций, которые поочередно с помощью крана «Libcher» опустили на промплощадку и фрагментировали. Наблюдения показали, что создание НВТ не привело к изменению скоростей воздушных потоков в системе «Байпас».

Пробы аэрозолей в системе «Байпас» отбирали через люк, имеющийся в помещении 2016/2 (3-й блок ЧАЭС, высотная отметка +45 м). В качестве аспиратора использовали воздуходувку Н810 (рис. 3), которую присоединяли к изокинетическому пробозаборнику, находящемуся в трубопроводе диаметром 1,4 м. Методики отбора проб с использованием пакетов трехслойных волокнистых фильтров Петрянова и измерения бета-активности аэрозолей радиометром КРК-1 изложены в работе [2].

В табл. 2 представлены обобщенные данные концентраций и дисперсного состава радиоактивных аэрозолей, а также метеоусловий. Всего проанализировано 75 проб.



Рис. 3. Отбор пробы аэрозолей воздуходувкой Н810 SAIC в системе «Байпас».

Концентрации аэрозолей-носителей продуктов аварии 4-го блока ЧАЭС

Как следует из табл. 2 и рис. 4, концентрация суммы долгоживущих бета-излучающих нуклидов ($\Sigma\beta$)-продуктов Чернобыльской аварии, представленных ^{90}Sr + ^{90}Y , ^{137}Cs и ^{241}Pu , изменялась от 0,16 до 100 Бк/м³. Наиболее часто (85 % проб) величина $\Sigma\beta$ находилась в диапазоне 0,5 – 10 Бк/м³. Таким образом, концентрации $\Sigma\beta$ в 2013 г. не претерпели существенных изменений [6]. Лишь в 9 пробах концентрация превышала 10 Бк/м³. Для сравнения отметим, что в 2008 г. таких проб было также 9, в 2010 г. – 8, в 2011 г. – 5 и в 2012 г. – одна.

Минимальная величина $\Sigma\beta$ составила 0,16 Бк/м³. Это сопоставимо с предыдущим годом (0,2 Бк/м³). Однако такая низкая концентрация не является свидетельством благополучного положения с радиоактивными

аэрозолями в объекте «Укрытие». Отбор этой пробы произошел 14 октября в очень теплый день (13 – 14 °С), когда уменьшилась или даже прекратилась тяга воздуха в системе «Байпас». В таких случаях поток может «перевернуться» и в трубу будет засасываться воздух из атмосферы. А он, естественно, намного чище, чем в объекте «Укрытие».

Таблица 2. Данные мониторинга радиоактивных аэрозолей в системе «Байпас» объекта «Укрытие» в 2013 г.

Дата отбора	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., град
16.01	0,89	1,4	15	4,6	0,62	>8	1,3	0,19	2,3	туман, штиль	1,5	3,5	125
17.01	2,1	4,8	24	5,3	0,44	6,3	1,8	0,20	2,7	туман, штиль	0,5	2,0	280
18.01	2,7	5,2	7,3	1,3	0,52	6,5	1,8	0,20	5,7		1,5	5,5	325
21.01	2,7	7,1	11	2,3	0,38	>8	1,4	0,23	1,9	штиль	0	2,0	0
22.01	3,2	7,5	11	0,9	0,43	6,5	1,6	0,20	4,0		1,5	4,0	25
23.01	1,6	3,8	6,5	1,6	0,43	5,7	1,6	0,26	5,3		1,5	4,0	35
24.01	2,3	9,3	6,5	1,0	0,25	4,9	2,1	0,14	16	ясно	1,5	4,5	360
04.02	0,20	0,39	7,3	3,3	0,51	2,9	3,0	0,11	5,6		2,0	6,0	260
05.02	0,34	0,9	4,6	1,0	0,39	5,2	2,7	0,09	14		2,0	6,0	220
06.02	1,0	2,8	16	2,5	0,37	7,9	1,9	0,12	3,8		2,0	5,0	140
07.02	0,7	1,5	10	2,2	0,46	>8	1,9	0,20	2,1		3,0	8,5	120
08.02	6,4	13	19	3,6	0,49	2,7	1,7	0,17	1,1	туман, штиль	1,0	4,0	80
12.02	1,7	2,7	27	5,2	0,63	>8	1,9	0,04	18	туман, штиль	0	0	0
13.02	6,6	11	19	5,3	0,61	2,2	1,5	0,17	2,7	туман	1,5	4,0	90
12.03	6,5	21	12	2,2	0,31	4,2	2,0	0,21	4,4		2,0	4,0	90
13.03	1,9	6,2	10	2,1	0,31	4,3	3,1	0,15	2,2		2,0	6,5	135
14.03	0,65	2,0	15	3,1	0,32	4,9	1,7	0,08	8	туман	1,5	4,5	135
15.03	6,8	17	5,7	1,3	0,41	4,2	1,5	0,20	1,4	низкая обл.	2,5	7,5	110
18.03	24	100	12	4,2	0,24	2,0	1,6	0,07	11	штиль	0,5	4,0	240
19.03	18	55	13	3,8	0,32	1,5	1,4	0,14	4,7		2,5	7,0	80
20.03	1,8	6,6	7,4	0,66	0,27	4,9	1,8	0,18	2,2	штиль	1,0	3,5	320
21.03	1,3	5,1	6,2	4,4	0,26	6,3	1,7	0,23	1,4	штиль	1,0	3,0	315
22.03	2,1	4,5	7,6	1,8	0,46	2,3	1,4	0,17	3,0	метель	2,0	6,0	65
01.04	3,0	7,0	4,2	0,33	0,42	3,4	1,4	0,40	18		2,0	5,0	255
02.04	4,0	9,7	13	2,9	0,41	3,6	1,9	0,09	7,0	ясно	2,5	5,5	270
03.04	2,3	6,0	4,1	1,0	0,38	4,4	2,2	0,22	3,0		2,5	6,5	80
04.04	1,1	2,1	17	4,1	0,50	4,1	2,6	0,08	7,3		1,5	5,5	60
17.05	2,0	4,6	4,6	1,1	0,43	3,4	2,2	0,07	11	туман, штиль	1,5	3,5	125
21.05	3,8	8,4	3,9	1,5	0,45	2,6	2,5	0,10	6,0	туман, штиль	0,5	2,0	280
22.05	0,69	2,3	9,6	0,34	0,30	7,7	2,6	0,05	4,1		1,5	5,5	325
23.05	0,85	1,6	6,6	1,6	0,52	6,7	1,6	0,10	6,9	штиль	0	2,0	0
24.05	0,79	2,4	8,9	1,7	0,32	4,3	2,3	0,06	18		1,5	4,0	25
03.06	2,7	5,5	6,4	1,2	0,49	2,2	1,1	0,40	7,1		1,5	4,0	35
04.06	0,76	2,5	7,9	1,5	0,31	3,9	2,9	0,04	18	ясно	1,5	4,5	360
05.06	1,4	3,2	4,4	1,1	0,43	3,6	4,9	0,74	20		2,0	6,0	260
06.06	0,64	2,2	4,9	0,85	0,29	1,2	2,0	0,19	4,4		2,0	6,0	220
07.06	0,59	1,8	6,2	0,85	0,32	1,7	1,4	0,19	5,6		2,0	5,0	140
11.06	0,64	1,3	3,5	0,57	0,51	5,0	2,6	0,21	2,8		3,0	8,5	120
12.06	2,8	7,7	8,0	3,2	0,37	3,1	2,4	0,05	11	туман, штиль	1,0	4,0	80
13.06	0,19	0,59	5,3	1,7	0,32	2,2	5,4	0,15	4,7	туман, штиль	0	0	0
10.09	0,94	1,9	52	17	0,51	2,3	1,4	0,08	8,4	туман	1,5	4,0	90
11.09	1,0	2,7	37	11	0,37	4,2	2,1	0,04	9,2		2,0	4,0	90
12.09	4,8	16	16	4,1	0,30	3,1	2,0	0,09	6,1		2,0	6,5	135
13.09	0,39	0,9	22	5,6	0,42	2,8	2,9	0,10	6,9	туман	1,5	4,5	135
16.09	6,2	12	28	4,2	0,52	4,2	2,2	0,03	10	низкая обл.	2,5	7,5	110
17.09	2,1	3,9	11	3,1	0,54	4,5	2,4	0,19	4,0	штиль	0,5	4,0	240

Дата отбора	Концентрация, Бк/м ³				$\frac{^{137}\text{Cs}}{\Sigma\beta}$	$\Sigma\beta$		ДПР*		Условия отбора	Ветер		
	¹³⁷ Cs	$\Sigma\beta$	ДПР	²¹² Pb		средний, м/с	средний, м/с	средний, м/с	σ		средний, м/с	порывы, м/с	направ., град
17.09	2,7	4,1	16	3,6	0,68	4,5	2,1	0,07	8,4		2,5	7,0	80
18.09	1,7	2,4	18	1,4	0,72	5,6	2,1	0,16	2,7	штиль	1,0	3,5	320
19.09	1,1	2,4	21	3,9	0,48	2,1	1,4	0,20	1,5	штиль	1,0	3,0	315
20.09	4,1	5,0	6,8	1,4	0,81	4,7	2,0	0,16	3,8	метель	2,0	6,0	65
30.09	0,16	1,3	3,8	0,75	0,13	0,8	1,0	0,28	11		2,0	5,0	255
01.10	-	0,35	8,2	1,3	-	4,9	5,3	0,30	3,3	ясно	2,5	5,5	270
02.10	0,04	0,44	3,5	1,2	0,09	1,8	1,3	0,23	3,8		2,5	6,5	80
03.10	0,43	0,62	5,9	1,4	0,69	6,4	2,9	0,28	3,8		1,5	5,5	60
04.10	0,88	2,1	3,8	1,4	0,43	0,8	1,0	0,35	2,8	штиль	1,5	3,5	130
07.10	1,5	4,2	9,8	1,3	0,35	1,4	1,2	0,19	1,5		1,5	5,0	225
09.10	0,56	2,9	21	4,7	0,19	0,44	5,0	0,16	2,9		2,0	6,5	230
10.10	0,17	0,34	11	1,7	0,50	1,2	1,0	0,19	1,6		2,0	6,0	240
14.10	0,14	0,16	12	2,3	0,88	1,5	1,4	0,25	4,3		2,5	6,5	105
15.10	0,22	0,49	23	3,8	0,45	1,0	1,9	0,17	35		1,5	6,5	110
16.10	0,34	0,80	17	3,5	0,43	1,1	1,4	0,24	1,8		1,5	5,0	65
17.10	0,28	0,77	9,8	1,4	0,36	0,90	2,8	0,25	3,5		1,0	4,0	35
18.10	0,18	0,3	11	2,6	0,7	4,3	6,5	0,22	5,8	штиль	1,0	3,0	250
12.11	0,32	0,62	4,8	1,2	0,52	3,4	1,4	0,28	2,4		2,0	6,0	330
13.11	1,1	4,1	5,8	0,63	0,28	8,0	1,8	0,11	6	туман, штиль	1,0	3,0	300
14.11	0,12	0,30	4,1	0,65	0,40	3,1	4,8	0,25	3,9	штиль	1,0	3,0	300
15.11	0,36	0,73	6,4	2,0	0,49	2,4	2,7	0,11	6,9		2,0	7,0	300
18.11	0,19	0,48	15	4,6	0,40	3,4	5,8	0,06	-	ясно, штиль	1,0	3,0	75
19.11	0,77	1,4	7,9	1,8	0,55	3,1	2,4	0,26	2,2		2,5	7,0	135
20.11	0,063	0,20	8,6	1,6	0,32	-	-	0,12	5,1	морось	3,0	8,0	125
21.11	0,15	0,41	13	2,2	0,37	1,1	3,5	0,30	1,2	морось	3,0	7,0	130
02.12	22	75	-	-	0,29	0,7	1,1	0,44	1,4	ветрено	4,0	14,5	315
03.12	0,37	0,80	4,9	1,5	0,46	3,1	2,4	0,27	4,4		1,5	4,5	265
04.12		3,4	7,4	1,5		7,0	2,1	0,23	3,4		2,5	6,0	250
05.12	0,38	0,84	6,0	2,5	0,45	1,1	2,6	0,18	1,5	ветрено	3,0	8,5	275

* Дочерние продукты радона и торона.

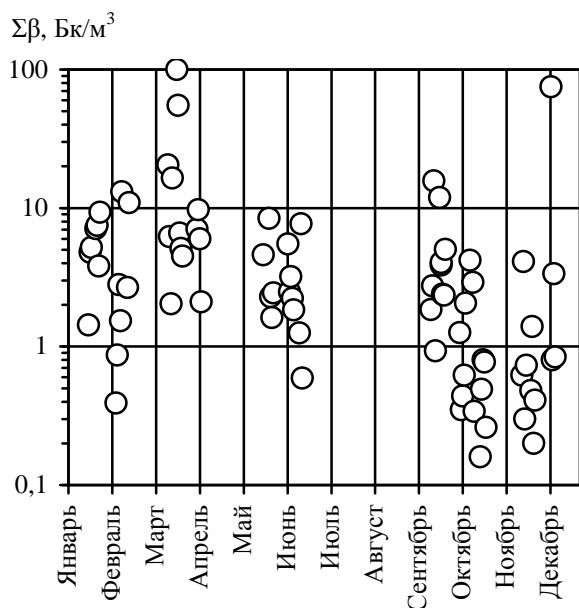


Рис. 4. Объемная активность аэрозолей-носителей суммы бета-излучающих нуклидов в системе «Байпас» объекта «Укрытие» в 2013 г.

Наиболее высокая объемная активность аэрозолей наблюдалась в пробах, отобранных 18 марта (100 Бк/м³) и 19 марта (55 Бк/м³). Причину значительного увеличения в эти дни радиоактивных веществ установить не удалось. Однако необходимо отметить, что это не связано с ошибками в пробоотборе или измерении проб, поскольку в тот же период значительное увеличение активности наблюдалось по данным интегрированной автоматизированной системы контроля (ИАСК).

При измерении фильтров, экспонированных в системе «Байпас» 18 и 19 марта, на гамма-спектрометре были зарегистрированы ¹³⁷Cs, ¹⁵⁴Eu и ²⁴¹Am. В первой пробе соотношение ¹³⁷Cs/²⁴¹Am = 30 и ²⁴¹Am/¹⁵⁴Eu = 7,9, во второй – соответственно 44 и 6,2. Эти показатели характерны для проб, отбирившихся из системы «Байпас» на протяжении последних 10 лет. Поскольку по данным ЦРБ ЧАЭС в указанные дни марта в объекте «Укрытие» не проводили работ, связанных со значительным пылеподъемом, то можно предполо-

жить, что десятикратное увеличение (относительно среднего уровня) концентрации аэрозолей чернобыльского генезиса было связано со спонтанными подвижками или обрушениями каких-то конструкций во внутренних помещениях, в частности в центральном зале.

Однако эту версию можно поставить под сомнение, если обратить внимание на то, что высокие концентрации держались минимум два дня. Если бы это был пылеподъем, вызванный падением какого-то объекта, то крупные частицы за несколько минут осели бы из пылевого облака, а остальные за счет тяги воздуха достаточно быстро (несколько часов) были бы вынесены из объекта «Укрытие». Следует также обратить внимание на то, что всплеску активности 18 марта предшествовали еще две пробы с высокими концентрациями: 12 марта (21 Бк/м³) и 15 марта (17 Бк/м³). К сожалению, 16 и 17 марта (суббота и воскресенье) пробы не отбирали. В дальнейшем до середины сентября аэрозолей с объемной активностью свыше 10 Бк/м³ не наблюдали. Таким образом, можно предположить, что в середине марта внутри объекта «Укрытие» происходили какие-то процессы, которые были связаны с генерацией аэрозолей, содержащих радиоактивные продукты Чернобыльской аварии. При этом (как будет показано ниже) эти процессы никак не повлияли на эксхалацию радона и его дочерних продуктов (ДПР).

Влияние ветра на концентрации радиоактивных аэрозолей

Рассмотрим резкое увеличение $\Sigma\beta$ до 75 Бк/м³, произошедшее 2 декабря. Без всяких сомнений оно было связано с метеорологическими условиями. Как известно [2, 6, 7], при больших скоростях ветра концентрации аэрозолей-продуктов Чернобыльской аварии в выбросах через систему «Байпас» существенно увеличиваются. Из результатов статистических анализов, представленных в [6], следует, что имеет значение еще направление ветра. Так, западные и северо-западные ветры приводят к большему увеличению $\Sigma\beta$, чем ветры других направлений.

Итак, по данным метеостанции «Чернобыль» (рис. 5) утром 1 декабря началось увеличение скорости ветра. К ночи средняя скорость составила 6 – 7 м/с, а максимальные порывы достигли 13 м/с. Во второй половине дня 2 декабря порывы ветра усилились до 15 м/с. Затем ветер начал стихать, и к полудню 3 декабря средние скорости снизились до 1 – 2 м/с, а порывы – до 5 – 6 м/с. Все эти дни преобладали ветры западного, северо-западного и северного направлений (см. табл. 2). Температура воздуха в первый день держалась на уровне 3 – 4 °С. 2 декабря она начала снижаться и к утру следующего дня достигла -7 °С. Потом резко потеплело, и остаток дня 3 декабря температура держалась около -0,5 °С.

Аэрозольная проба была отобрана в системе «Байпас» 2 декабря с 15 до 17 ч, т.е. в период максимальных порывов ветра (см. рис. 5). Следующие пробы, взятые с 9 до 11 ч 3, 4 и 5 декабря, показали, что после снижения скорости ветра концентрации аэрозолей уменьшились на два порядка величины (до 0,7 – 3,4 Бк/м³) и находились на уровне, характерном для двух предыдущих месяцев (октябрь, ноябрь). Представленные результаты еще раз подтвердили влияние ветровой нагрузки на содержание радиоактивных продуктов Чернобыльской аварии в аэрозольных выбросах через систему «Байпас» объекта «Укрытие».

В свете вышеизложенного необходимо вернуться к пробам, отобранным в середине марта. Может быть высокие концентрации, зарегистрированные в них, также были обусловлены ветровыми нагрузками? Однако из данных метеостанции «Чернобыль» следует, что 18 марта максимальные порывы ветра не превышали 5 м/с, а на следующий день – 7 м/с (рис. 6). При этом средние скорости держались на уровне 1 – 2 м/с. Из предыдущих наблюдений [2, 6, 7] следовало, что такие ветры не могут привести к значительному повышению содержания радиоактивных аэрозолей в системе «Байпас». Кроме того, если 18 марта преобладал западный ветер, то на следующий день его сменил восточный (см. табл. 2).

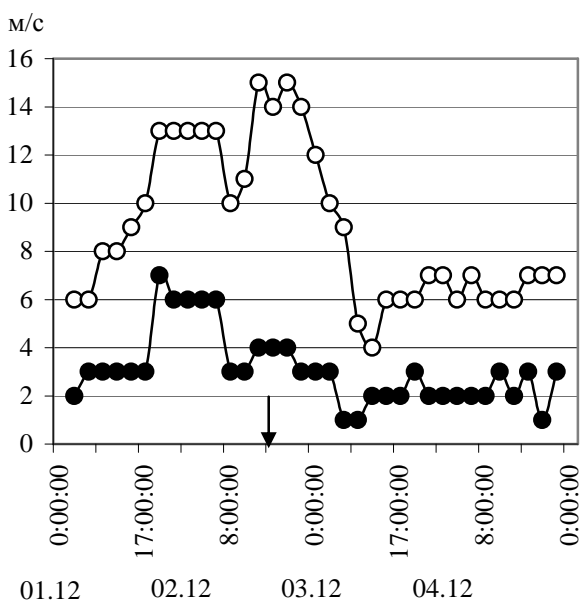


Рис. 5. Динамика средней скорости (●) и максимальных порывов ветра (○) 1 – 4 декабря 2013 г. Стрелкой указано время отбора пробы.

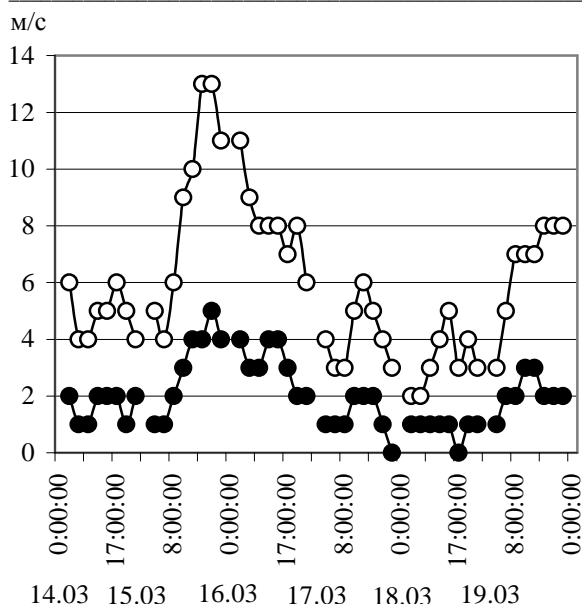


Рис. 6. Динамика средней скорости (●) и максимальной порывы ветра (○) 14 – 19 марта 2013 г.

Из рис. 6 следует, что высокие скорости ветра наблюдались 15 марта, когда во второй половине дня порывы достигали 13 м/с при средней скорости 4 – 5 м/с. Однако проба аэрозолей была отобрана в первой половине дня (с 9 до 11 ч), когда сильных ветров еще не наблюдалось. Кроме того, в этот день преобладали восточные и юго-восточные ветры, что согласно публикации [6] приводит не к повышению, а снижению концентрации продуктов Чернобыльской аварии, поступающих в систему «Байпас».

Завершая обсуждение результатов наблюдений в середине марта, можно однозначно сказать, что высокие содержания долгоживущих радиоактивных аэрозолей в выбросах не были обусловлены метеорологическими условиями, в частности большими скоростями ветра. Причина, вероятнее всего, крылась в каких-то подвижках и процессах, происходивших внутри объекта «Укрытие».

Если отнести данные, зарегистрированные в середине марта к форс-мажорным обстоятельствам, то остальные результаты, представленные в табл. 2,

близки к полученным ранее [1, 2, 8 – 13], когда внутри объекта «Укрытие» не проводили работ, сопровождавшихся значительной генерацией аэрозолей. Кроме того, в течение 2013 г. наблюдались мягкие погодные условия. Снижению пылеподъема способствовала также полимерная пленка, образовавшаяся на развале центрального зала за несколько лет работы системы пылеподавления [14].

Семь проб, в которых оказалась наибольшая $\Sigma\beta$, были измерены на полупроводниковом гамма-спектрометре. Выявленные количества ^{137}Cs , ^{154}Eu и ^{241}Am представлены в табл. 3.

Таблица 3. Содержание и соотношение радионуклидов в аэрозолях, отобранных из системы «Байпас» в 2013 г.

Дата отбора	Объем пробы, м ³	Активность, Бк/проба				$\frac{^{137}\text{Cs}}{\Sigma\beta}$	$\frac{^{137}\text{Cs}}{^{241}\text{Am}}$	$\frac{^{241}\text{Am}}{^{154}\text{Eu}}$
		$\Sigma\beta^*$	$^{137}\text{Cs}^{**}$	$^{241}\text{Am}^{**}$	$^{154}\text{Eu}^{**}$			
08.02	13,4	170	92	0,72	-	0,54	127	-
12.03	11,9	240	72	2,2	-	0,30	33	-
15.03	12,4	200	92	1,1	-	0,46	84	-
18.03	12,5	1200	330	11	1,4	0,27	30	7,9
19.03	12,5	690	230	5,3	0,86	0,33	43	6,2
16.09	11,9	130	67	0,34	-	0,52	197	-
02.12	12,0	900	284	7,79	1,08	0,32	36	7,2

* Измерено на радиометре КРК-1. ** Измерено на гамма-спектрометре.

Из табл. 3 следует, что средние величины отношений были следующие: $^{137}\text{Cs}/\Sigma\beta = 0,39$, $^{137}\text{Cs}/^{241}\text{Am} = 79$ и $^{241}\text{Am}/^{154}\text{Eu} = 7,1$. Близкие значения были зарегистрированы в предыдущие годы, например в 2012 г. [1].

В большинстве проб, отобранных из системы «Байпас», отношение концентраций ^{137}Cs и $\Sigma\beta$ находилось в диапазоне 0,2 – 0,6 (см. табл. 2), что уже было зафиксировано ранее [1, 2, 8 – 13]. Среднее арифметическое значение $^{137}\text{Cs}/\Sigma\beta = 0,43$. Близкие величины были получены при исследовании выбросов через систему «Байпас» в 2004 – 2012 гг. Таким образом, в составе бета-активных аэрозолей-продуктов Чернобыльской аварии, выбрасываемых в атмосферу через систему «Байпас», около трети приходится на ^{137}Cs .

Наблюдения за радиоактивными аэрозолями при работе МСПП

Специальное наблюдение было выполнено 17 сентября 2013 г., когда на объекте «Укрытие» проводили сеанс пылеподавления. В соответствии с регламентом МСПП (модернизированная система пылеподавления) последовательно работали три коллектора: № 3 с 10^{58} до 11^{03} , № 2 с 11^{20} до 11^{25} и № 1 – после 12 ч. Через каждый коллектор было подано по 5 т локализирующей смеси и по 5 т промывочной жидкости.

До начала МСПП в системе «Байпас» отобрали фоновую пробу аэрозолей, а при включении коллектора № 3 начали пробоотбор второй. Полученные результаты приведены в табл. 4.

Таблица 4. Условия отбора проб и характеристики аэрозолей при работе МСПП 17 сентября

Пробоотбор	Время	Объем, м ³	Концентрация, Бк/м ³				АМАД, мкм	
			¹³⁷ Cs	Σβ	ДПР	²¹² Pb	Σβ	ДПР
до МСПП	08 ³² - 10 ³⁰	10,5	2,1	3,9	11	3,1	4,5	0,19
при МСПП	10 ³¹ - 12 ²⁷	11,5	2,7	4,1	16	3,5	4,5	0,07

Как следует из табл. 4, второй пробоотбор происходил во время подачи локализирующей смеси через коллекторы № 3 и 2 и еще около часа после окончания промывки коллектора № 3. При этом, судя по Σβ и ¹³⁷Cs, концентрации аэрозолей-продуктов Чернобыльской аварии изменились мало. В предыдущие годы, когда система МСПП вводилась в эксплуатацию, концентрации этих веществ иногда увеличивались в 10 раз и более [14]. Очевидно, к настоящему времени в зоне работы МСПП полимерное покрытие, образовавшееся из затвердевшей локализирующей смеси, закрепило пылевые частицы и препятствует их подъему в подкровельное пространство.

Из табл. 4 видно, что до и во время работы МСПП величина активностных медианных аэродинамически диаметров (АМАД) носителей Σβ оставалась в диапазоне 4 – 5 мкм. Эти размеры характерны и для рутинных условий объекта «Укрытие», о чем будет сказано ниже.

Также практически не изменились концентрации и размеры аэрозолей-носителей дочерних продуктов радона и торона. Этого и следовало ожидать, поскольку размеры этих частиц составляют десятые доли микрона, и поэтому они плохо вымываются каплями, образующимися при распылении жидкостей из форсунок. Кроме того, эманирование радона и торона из бетонных конструкций внутренних помещений объекта «Укрытие» не подвержено влиянию МСПП.

Таким образом, работа форсунок МСПП незначительно отразилась на аэрозольной обстановке в подкровельном пространстве объекта «Укрытие». Зафиксированные концентрации радиоактивных аэрозолей находились на уровне флуктуаций в другие дни 2013 г.

Концентрации аэрозолей-носителей дочерних продуктов радона и торона

Обработка измерений фильтров показала, что концентрации аэрозолей-носителей дочерних продуктов радона (рис. 7) и торона (рис. 8) были достаточно стабильными. Минимальные и максимальные значения отличались от среднего уровня, как правило, не более чем в два - три раза, а не в десятки и даже сотни раз, как у носителей продуктов Чернобыльской аварии. Следовательно, генерация аэрозолей чернобыльского генезиса и продуктов распада естественных благородных газов происходит по различающимся причинам.

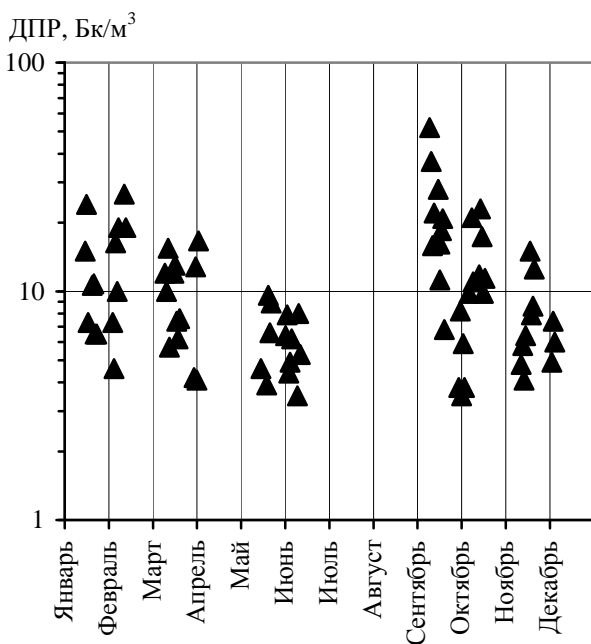


Рис. 7. Объемная активность ДП радона в системе «Байпас» объекта «Укрытие» в 2013 г.

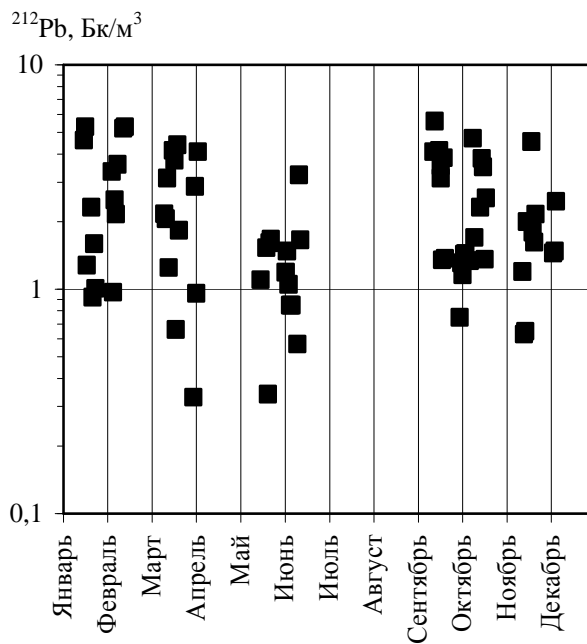


Рис. 8. Объемная активность ²¹²Pb в системе «Байпас» объекта «Укрытие» в 2013 г.

Из табл. 2 и рис. 8 следует, что в большинстве случаев концентрации ^{212}Pb (дочернего продукта торона с периодом полураспада 10,6 ч) находились в диапазоне 0,8 – 6 Бк/м³. Лишь в двух пробах (10 и 11 сентября) они превышали 6 Бк/м³. Минимальная концентрация ^{212}Pb составила 0,33 Бк/м³ (1 апреля). Сравнение данных 2013 г. и 10 предыдущих лет показывает, что содержание ^{212}Pb в выбросах через систему «Байпас» остается практически неизменным [1, 2, 8 – 13, 15, 16]

Соотношение концентраций ^{212}Pb и суммы дочерних продуктов радона и торона

Соотношение концентраций дочерних продуктов радона и ^{212}Pb подвержено значительным колебаниям. Однако, как следует из рис. 9, оно близко к 4, что наблюдалось ранее [1]. Из проведенных исследований следует, что на протяжении многих лет в объекте «Укрытие» наблюдается устойчивое эманирование радона и торона и образование аэрозолей их дочерних продуктов. Судя по величинам соотношений ДПР/ ^{212}Pb , источники эманирования благородных газов остаются неизменными. Как следует из публикации [17], концентрации радона в системе «Байпас» меньше, чем в помещениях, расположенных на нижних уровнях объекта «Укрытие».

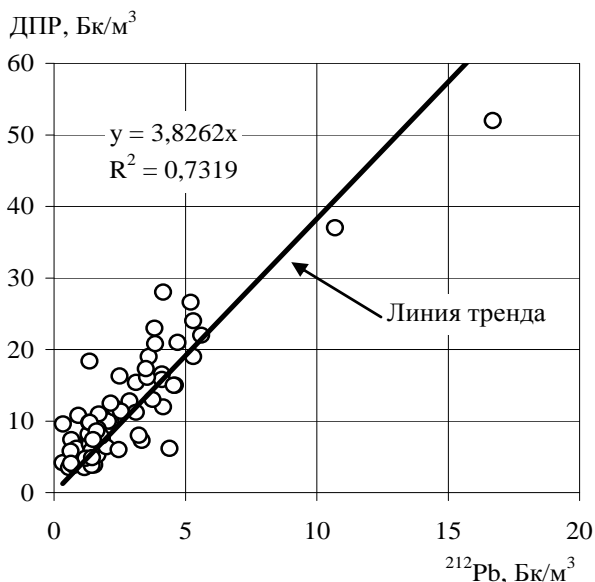


Рис. 9 Корреляционная зависимость концентраций ДПР и ^{212}Pb в системе «Байпас» объекта «Укрытие» в 2013 г.

Таким образом, эманурующий там радон по мере подъема к вытяжной системе «Байпас» разбавляется атмосферным воздухом, поступающим через проемы и неплотности внешней конструкции объекта «Укрытие».

Дисперсность радиоактивных аэрозолей

Расчет дисперсного состава аэрозолей был выполнен в соответствии с методикой [18]. На рис. 10 приведены значения АМАД, рассчитанные из распределения $\Sigma\beta$ по трем слоям пакета фильтров. Как правило, носителями радионуклидов-продуктов Чернобыльской аварии были частицы с АМАД 1 – 6 мкм. Лишь в пяти пробах АМАД был менее 1 мкм (минимальный размер 0,44 мкм). В 12 случаях АМАД был крупнее 6 мкм, причем только в четырех – крупнее 8 мкм. Причин образования и выноса таких крупных частиц мы не знаем, однако их появление не совпадало с повышенными концентрациями $\Sigma\beta$.

Можно констатировать, что в 2013 г. размер частиц-носителей продуктов Чернобыльской аварии, выбрасываемых из объекта «Укрытие» в атмосферу, оставался практически таким же, как в 2005 – 2012 гг. [1, 2, 8 – 13, 15, 16].

Дочерние продукты радона и торона практически во всех случаях были связаны с частицами, АМАД которых находился в диапазоне 0,08 – 0,3 мкм (см. рис. 10). Максимальная величина АМАД наблюдалась в трех пробах и соответствовала 0,4 мкм. Минимальными носителями ДПР оказались аэрозоли с АМАД 0,03 мкм (одна проба) и 0,04 мкм (три пробы). Средняя величина АМАД была близка к 0,15 мкм.

Итак, размер аэрозолей-носителей дочерних продуктов радона и торона практически не отличался от того, что было получено в системе «Байпас» в 2005 – 2012 гг. [1, 2, 8 – 13, 15, 16].

Как следует из табл. 2, величины стандартного геометрического отклонения σ для ДПР в

продуктов Чернобыльской аварии были частицы с АМАД 1 – 6 мкм. Лишь в пяти пробах АМАД был менее 1 мкм (минимальный размер 0,44 мкм). В 12 случаях АМАД был крупнее 6 мкм, причем только в четырех – крупнее 8 мкм. Причин образования и выноса таких крупных частиц мы не знаем,

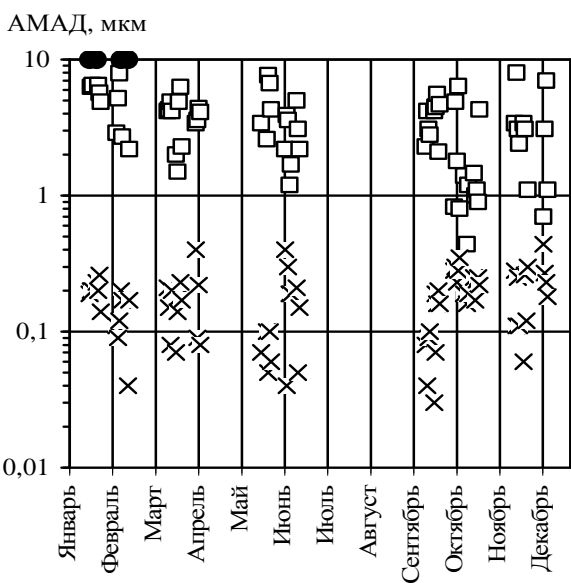


Рис. 10. АМАД носителей радионуклидов-продуктов Чернобыльской аварии (□) и ДПР (x) в системе «Байпас» объекта «Укрытие» в 2013 г.:
● – пробы с АМАД больше 8 мкм.

большинстве случаев превышали 2 – 2,5, что характерно для бимодального распределения аэрозолей по размерам. Очевидно, некоторая часть ДПР была связана не только с аккумуляционной, но и с нуклеационной модами атмосферных аэрозолей. К последней относятся частицы размером менее 0,06 – 0,08 мкм. В работе [19] на эту фракцию приходилось 3 – 14 % активности ^{212}Pb и ^{214}Pb .

Заключение

Максимальная скорость выброса радиоактивных аэрозолей из 2013 г. пришлось, как и в предыдущие годы, на холодный период года и достигала в период с 5 марта по 4 апреля 2,1 МБк/сут. Повышение скорости выброса в указанный период обусловлено метеорологическими параметрами.

Повышение величины неорганизованного выброса в августе 2013 г. носит в первую очередь сезонный характер. Последующее снижение скорости выброса в сентябре и октябре также обусловлено метеорологическими условиями - обильными осадками и повышением влажности воздуха. Существенное повышение выброса в ноябре 2013 г. вызвано проведением работ по демонтажу вентиляционной трубы ВТ-2. Тем не менее, неорганизованный выброс радиоаэрозолей в 2013 г., хотя и превысил величину предыдущего года, однако был меньше, чем в 2011 г.

Подводя итог наблюдениям 2013 г. за «организованными» выбросами, можно констатировать, что как концентрации радионуклидов, так и дисперсный состав аэрозолей, поступающих из центрального зала 4-го блока в систему «Байпас», а затем в высотную вентиляционную трубу, по сравнению с 2004 – 2012 гг. практически не изменились [1, 2, 8 – 13, 15, 16]. При этом на характеристиках аэрозолей не отразилось обустройство НВТ и демонтаж ВТ-2.

Среди 75 проб, отобранных в системе «Байпас», максимальная величина $\Sigma\beta$ составила 100 Бк/м³. Предполагается, что такая высокая концентрация радиоактивных аэрозолей была связана с неустановленными процессами, происходившими в середине марта внутри объекта «Укрытие».

Наиболее часто концентрации аэрозолей-носителей смеси бета-излучающих нуклидов-продуктов Чернобыльской аварии находились в диапазоне 0,5 – 10 Бк/м³. Такие объемные активности были связаны с невысокой интенсивностью работ внутри объекта «Укрытие», а следовательно, умеренной техногенной генерацией аэрозолей. Снижению пылеподъема способствовала также полимерная пленка, созданная на развале центрального зала за несколько лет работы МСПП.

Подробно рассмотрена метеорологическая обстановка в начале декабря, когда в результате увеличения порывов ветра до 15 м/с в выбросе радиоактивных аэрозолей через «Байпас» была зарегистрирована $\Sigma\beta$ 75 Бк/м³.

Концентрации ^{212}Pb оставались такими же, как ранее, поскольку на них практически не влияют работы внутри объекта «Укрытие». Максимальная объемная активность аэрозолей-носителей ^{212}Pb составила 16,7 Бк/м³. Получено, что концентрации суммы ДПР и ^{212}Pb варьировали в широких пределах, однако средняя величина соотношения ДПР/ ^{212}Pb оказалась, как в прежние годы [1], близка к 4. Никаких временных или сезонных закономерностей при этом не выявлено.

Как правило, носителями радионуклидов-продуктов Чернобыльской аварии были частицы с АМАД 1 – 6 мкм. Дочерние продукты радона и торона были, как и в предыдущие годы, преимущественно ассоциированы с аэрозольными частицами, имевшими АМАД в диапазоне 0,07 – 0,3 мкм при среднем значении около 0,15 мкм.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Хан В.Е., Огородников Б.И., Калиновский А.К., Краснов В.А. Контроль выбросов радиоактивных аэрозолей из объекта «Укрытие» в 2012 г. // Проблемы безопасности атомных электростанций і Чернобиля. – 2013. – Вип. 21. – С. 107 – 116.
2. Огородников Б.И., Пазухин Э.М., Ключников А.А. Радиоактивные аэрозоли объекта «Укрытие»: 1986 – 2006 гг. Монография. – Чернобыль: ИПБ АЭС НАН Украины. – 2008. – 456 с.
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. Радиационно-физические характеристики топлива 4-го энергоблока ЧАЭС и оценка их погрешности: Справочник / А. А. Боровой, А. А. Довбенко, В. М. Маркушев и др. // КЭ при ИАЭ им. И. В. Курчатова. – Инв. № 11.07-06/172. – Чернобыль, 1989. – 115 с.
5. Выполнение работ по анализу неорганизованных выбросов из объекта «Укрытие»: (Отчет) / МНТЦ «Укрытие» НАН Украины. – Чернобыль, 1998. – 67 с. – ГР № 0198U007454. Учетн. № 0399U002202 УкрИНТИ.
6. Хомутинин Ю.В., Процак В.П., Хан В.Е., Огородников Б.И. Статистический анализ многолетних наблюдений характеристик радиоактивного аэрозоля в системе «Байпас» объекта «Укрытие» // Проблемы безопасности атомных электростанций і Чернобиля. – 2012. Вип. 19. – С. 81 – 93.

7. Огородников Б.И., Павлюченко Н.И., Будыка А.К. Выброс радиоактивных аэрозолей из объекта «Укрытие» при сильных ветрах // Радиационная биология. Радиоэкология. – 2004. – Т. 44, № 4. – С. 421 – 433.
8. 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 и Чернобиля. – 2007. – Вып. 7. – С. 116 – 121.
9. Хан В.Е., Огородников Б.И., Калиновский А.К. и др. Контроль выбросов радиоактивных аэрозолей из объекта «Укрытие» в 2007 г. // Там же. – 2008. – Вып. 9. – С. 48 – 53.
10. Хан В.Е., Огородников Б.И., Калиновский А.К., Краснов В.А. Контроль выброса радиоактивных аэрозолей из объекта «Укрытие» в 2008 г. // Там же. – 2009. – Вып. 12. – С. 154 – 162.
11. Хан В.Е., Огородников Б.И., Калиновский А.К., Краснов В.А. Контроль выбросов радиоактивных аэрозолей из объекта «Укрытие» в 2009 г. // Там же. – 2010. – Вып. 13. – С. 111 – 122.
12. Хан В.Е., Огородников Б.И., Калиновский А.К., Краснов В.А. Контроль выбросов радиоактивных аэрозолей из объекта «Укрытие» в 2010 г. // Там же. – 2011. – Вып. 17. – С. 98 – 105.
13. Хан В.Е., Огородников Б.И., Калиновский А.К., Краснов В.А. Контроль выбросов радиоактивных аэрозолей из объекта «Укрытие» в 2011 г. // Там же. – 2012. – Вып. 19. – С. 94 – 103.
14. Краснов В.А., Криницын А.П., Огородников Б.И. и др. Оценка воздействия модернизированной системы пылеподавления на радиационную обстановку внутри объекта «Укрытие» и на окружающую среду // Проблемы Чернобиля. – 2004. – Вып. 15. – С. 24 – 33.
15. Павлюченко Н.И., Хан В.Е., Криницын А.П. и др. Контроль неорганизованных сбросов и выбросов из объекта «Укрытие» в 2004 г. // Проблемы безопасности атомных электростанций и Чернобиля. – 2005. – Вып. 2. – С. 22 – 32.
16. Хан В.Е., Огородников Б.И., Калиновский А.К. и др. Контроль выбросов радиоактивных аэрозолей из объекта «Укрытие» в 2005 г. // Там же. – 2006. – Вып. 6. – С. 85 – 94.
17. Огородников Б.И., Хан В.Е., Пазухин Э.М., Краснов В.А. Радон и его дочерние продукты в объекте «Укрытие» в 2000 – 2010 гг. // Там же. – 2011. – Вып. 16. – С. 130 – 136.
18. Budyka 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.
19. Postendörfer J. Properties and behaviour of radon and their decay products in air // J. Aerosol Sci. – 1994. – Vol. 25. – P. 219 – 263.

В. Є. Хан¹, Б. І. Огородников^{1,2}, О. К. Калиновський¹, В. О. Краснов¹

¹ Інститут проблем безпеки АЕС НАН України, вул. Кірова, 36а, Чорнобиль, 07270, Україна

² Фізико-хімічний інститут ім. Л. Я. Карпова, пров. Обуха, б3-1/12, буд. 6, Москва, 105064, Росія

КОНТРОЛЬ ВИНЕСЕННЯ РАДІОАКТИВНИХ АЕРОЗОЛІВ З ОБ'ЄКТА "УКРИТТЯ" У 2013 Р.

Наведено результати контролю викиду радіоактивних аерозолів з об'єкта «Укриття» в 2013 р. Максимальна величина неорганізованого викиду спостерігалася в зимовий період і досягала 2,1 МБк/доба. Концентрації довгоживучих бета-випромінюючих аерозолів, що надходили в атмосферу через систему «Байпас», знаходилися зазвичай у діапазоні 0,5 – 10 Бк/м³ (максимальна концентрація 100 Бк/м³). Їхніми носіями в більшості випадків були частинки з АМАД 1 – 6 мкм. Концентрації ²¹²Pb – дочірнього продукту торону – становили, як правило, 1 – 5 Бк/м³. Вони зазвичай мали АМАД 0,07 – 0,3 мкм. Об'ємні активності та дисперсність аерозолів у викидах з об'єкта «Укриття» залишаються практично стабільними впродовж останніх 10 років. Показано, що співвідношення концентрацій короткоживучих дочірніх продуктів радону і ²¹²Pb у повітряному потоці, що викидаються в атмосферу через систему «Байпас», залишається постійним і близько до 4.

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

V. E. Khan¹, B. I. Ogorodnikov^{1,2}, A. K. Kalinovskiy¹, V. A. Krasnov¹

¹ Institute for Safety Problems of Nuclear Power Plants NAS of Ukraine, 36a, Kirova str., Chornobyl, 07270, Ukraine

² Karpov Institute of Physical Chemistry, 3-1/12, build 6, Obuha pereulok, Moscow, 105064, Russia

CONTROL OF RELEASES OF RADIOACTIVE AEROSOLS FROM OBJECT "UKRYTTYA" IN 2013

The results of control of radioactive particulate emission are presented from the object "Ukryttya" in 2013. The maximal rate of unorganized releases of beta-radiating products of Chernobyl accident was in winter period, and reached 2,1 MBq/day. The concentration of long-lived beta-radiating aerosols released in atmosphere from system "Bypass" was within the range 0.5 – 10 Bq/m³ (maximal concentration was 100 Bq/m³). Their carriers were particles with active median aerodynamic diameter (AMAD) 1– 6 μm. The concentration of ²¹²Pb – daughter products of thoron con-

sisted as a rule 1 – 5 Bq/m³. They have AMAD 0.07 – 0.3 μm. The relation of concentrations of daughter products of radon and ²¹²Pb were about 4. A volume activity and dispersity of radioactive aerosols in releases from object “Ukryttya” remain constant the last ten years.

Keywords: object “Ukryttya”, aerosols, volume activity, activity median aerodynamic diameter.

REFERENCES

1. Khan V. E., Ogorodnikov B. I., Kalinovskiy A. K., Krasnov V. A. Control of releases of radioactive aerosols from "Ukryttya" object in 2011 // Problemy bezpeky atomnyh electrostantsiy i Chornobyly (Problems of nuclear power plants and of Chornobyl). - 2013. - Iss. 21. - P. 107 – 116. (Rus)
2. Ogorodnikov B. I., Pazukhin E. M., Klyuchnikov A. A. Radioactive aerosols of the Shelter: 1986 - 2006. Monograph. – Chernobyl: National Academy of Sciences of Ukraine. Institute for Safety Problems of NPP, 2008. - 456. (Rus)
3. Borovoy A. A., Bogatov S. A., Pazukhin E. M. The current state of the object "Shelter" and its impact on the environment // Radiochimiya (Radiochemistry). – 1999. – Vol. 41, № 4. – P. 368 - 378. (Rus.)
4. Radiation-physical characteristics of fuel of 4 ChNPP Unit and assessment of their error: Directory / A. A. Borovoy, A. A. Dovbenko, V.M. Markushev etc. // CE at I. V. Kurchatov Institute of Atomic Energy - Inv. № 11.07-06/172. - Chernobyl, 1989. - 115 p. (Rus.)
5. Performance of work on the analysis of fugitive emissions from the "Shelter" (Report) / ISTC "Shelter" NAS. - Chernobyl, 1998. - 67 p. - GR № 0198U007454. Comm. № 0399U002202 UkrINTI.
6. Khomutin Y. V., Protsak V. P., Khan V. E., Ogorodnikov B. I. Statistical analysis of long-term observations of radioactive aerosols in the "Bypass" "Shelter" // Ibid. - 2012. - Iss. 19. - P. 81 – 93. (Rus)
7. Ogorodnikov B. I., Pavlyuchenko N. I., Budyka A. K. The release of radioactive aerosols from the "Shelter" in strong winds // Radiation Biology. Radioecology. - 2004. - T. 44, № 4. - S. 421 - 433.
8. Khan V. E., Ogorodnikov B. I., Kalinovskiy A. K., Krasnov V. A. Control of releases of radioactive aerosols from "Ukryttya" object in 2006 // Problemy bezpeky atomnyh electrostantsiy i (Problems of nuclear power plants and of Chornobyl). - 2007. - Iss. 7. - P. 116 – 121. (Rus)
9. Khan V. E., Ogorodnikov B. I., Kalinovskiy A. K., Krasnov V. A. Control of releases of radioactive aerosols from "Ukryttya" object in 2007 // Ibid. - 2008. - Iss. 9. - P. 48 – 53. (Rus)
10. Khan V. E., Ogorodnikov B. I., Kalinovskiy A. K., Krasnov V. A. Control of releases of radioactive aerosols from "Ukryttya" object in 2008 // Ibid. - 2009. - Iss. 12. - P. 154 – 162. (Rus)
11. Khan V. E., Ogorodnikov B. I., Kalinovskiy A. K., Krasnov V. A. Control of releases of radioactive aerosols from "Ukryttya" object in 2009 // Ibid. - 2010. - Iss. 13. - P. 111 – 122. (Rus)
12. Khan V. E., Ogorodnikov B. I., Kalinovskiy A. K., Krasnov V. A. Control of releases of radioactive aerosols from "Ukryttya" object in 2010 // - 2011. - Iss. 17. - P. 98 – 105. (Rus)
13. Khan V. E., Ogorodnikov B. I., Kalinovskiy A. K., Krasnov V. A. Control of releases of radioactive aerosols from "Ukryttya" object in 2011 // Ibid. - 2012. - Iss. 19. - P. 94 – 103. (Rus)
14. Krasnov V. A., Krinitsyn A. P., Ogorodnikov B. I. etc. Estimation of modernized dust suppression system impact to radiation conditions inside "Ukryttya" object and environment // Problemy Chornobyly (Problems of Chornobyl). - 2004. - Iss. 15. - S. 24 - 33. (Rus)
15. Pavlyuchenko N. I., Khan V. E., Krinitsyn A. P. Control of fugitive emissions and discharges of the "Shelter" in 2004 // Problemy bezpeky atomnyh electrostantsiy i Chornobyly (Problems of nuclear power plants and of Chornobyl). - 2005. - Iss. 2. - P. 22 – 32. (Rus)
16. Khan V. E., Ogorodnikov B. I., Kalinovskiy A. K., Krasnov V. A. Control of releases of radioactive aerosols from "Ukryttya" object in 2005 // Ibid. - 2006. - Iss. 6. - P. 85 – 94. (Rus)
17. Ogorodnikov B. I., Khan V. E., Pazukhin E. M., Krasnov V. A. Radon and its daughter products in "Ukryttya" object in 2003 – 2010 // Ibid. - 2012. - Iss. 16. - P. 130 – 136. (Rus)
18. Budyka 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.
19. Postendorfer J. Properties and behaviour of radon and their decay products in air // J. Aerosol Sci. – 1994. – Vol. 25. – P. 219 – 263.

Надійшла 13.02.2014

Received 13.02.2014