

ПЫЛЕОБРАЗОВАНИЕ В ОБЪЕКТЕ «УКРЫТИЕ» ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ТЕХНОГЕННЫХ И ПРИРОДНЫХ ФАКТОРОВ

Б. И. Огородников, Н. И. Павлюченко, А. К. Будыка, В. А. Краснов

*Институт проблем безопасности АЭС НАН Украины, Чернобыль
ГНЦ РФ «Физико-химический институт им. Л. Я. Карпова», Москва*

По результатам измерений в 2003 – 2004 гг. показано, что средние скорости ветра более 4 – 5 м/с и порывы свыше 10 – 11 м/с приводят к повышению концентраций радиоактивных аэрозолей в «Байпасе». Найдены аппроксимирующие уравнения, связывающие концентрации аэрозолей со скоростями ветра. При регламентных сеансах пылеподавления и испытаниях модернизированной системы пылеподавления содержание аэрозолей-носителей радионуклидов чернобыльского генезиса, как правило, значительно увеличивалось. Содержание в объекте «Укрытие» естественных радиоактивных аэрозолей дочерних продуктов радона и торона практически не зависит от работ по пылеподавлению и скоростей ветра во внешней среде. Анализ около 80 проб показал, что в 67 % случаев активностный медианный аэродинамический диаметр носителей радионуклидов чернобыльского генезиса находится в диапазоне 1,7 – 8,5 мкм при среднем значении 3,8 мкм, а дочерних продуктов радона и торона – от 0,03 до 0,3 мкм при среднем значении 0,15 мкм.

В [1, 2] по результатам исследований в «Байпасе» в 2002 - 2003 гг. установлено увеличение объемной активности (ОА) аэрозолей чернобыльского генезиса при средних скоростях ветра во внешней среде более 4 - 5 м/с и порывах ветра свыше 10 - 11 м/с, подмечена тенденция снижения концентрации аэрозолей при штилевой погоде и наличии тумана, а также зарегистрировано повышение ОА аэрозолей во время и после распыления жидкости через форсунки системы пылеподавления, расположенные в под кровлей объекта «Укрытие».

Ниже представлены результаты исследований радиоактивных аэрозолей (РА) в «Байпасе» за 2004 г., в том числе при проведении регламентных сеансов пылеподавления (СПП) и испытании модернизированной системы пылеподавления (МСПП) в 2003 - 2004 гг.

Вентиляционная система «Байпас»

Система «Байпас» создана осенью 1986 г. перед сдачей объекта «Укрытие» в эксплуатацию. В стене бывшего центрального зала (ЦЗ) на отметке +46 м имеется отверстие площадью около 2,5 м². От него проложен металлический короб сечением 1,5 × 1,5 м и длиной около 30 м. Далее воздух через вертикальный цилиндрический коллектор диаметром 1,4 м и длиной 3,2 м направляется в приемный коллектор (помещение 4004/1), где смешивается с вентиляционными потоками 3-го энергоблока, и поступает в ВТ-2. В цилиндрическом коллекторе имеется шибер, при закрытии которого воздух из ЦЗ направляют на очистку, а затем в ВТ-2. Над шибером врезаны трубки диаметром 1,2 см и длиной 35 м, выведенные в помещение 2015, где размещены установки для непрерывного (РКС «Калина») и периодического отбора проб и радиометрии аэрозолей.

Системы пылеподавления

В конце 1989 г. сдана в эксплуатацию СПП. Ее назначение - ограничение распространения радиоактивных веществ, находящихся в ЦЗ в виде пыли, и снижение выброса РА в окружающую среду [3]. СПП оборудована для приготовления и подачи составов в подкровельное пространство через 14 форсунок, размещенных в верхней части бывшего ЦЗ. Несколько лет ее эксплуатации показали, что концентрация аэрозолей в ЦЗ остается инертной к сеансам пылеподавления. Было высказано предположение, что низкая эффективность СПП обусловлена малой зоной распыления растворов, составляющей всего треть поверхности ЦЗ и смежных помещений [4]. В 2003 г. в процессе создания МСПП были смонтированы еще два коллектора по периметру кровли ЦЗ (всего 35 форсунок).

Методики отбора проб и радиометрии аэрозолей

Для одновременного определения радионуклидного и дисперсного состава аэрозолей пробу отбирали на пакет многослойных фильтров Петрянова с помощью переносной воздухоудвки. В пакете использовали фильтры АФА РМП-20 или АФА РСР-20, но впереди них размещали два слоя волокнистых материалов ФПА-70 или ФПП-70 [5]. Воздух прокачивали через фильтры площадью 20 см^2 со скоростью 70 - 90 л/мин в течение 1 - 2 ч. Изокинетичность отбора аэрозолей обеспечивалась конусной насадкой длиной 14 см с входным отверстием площадью $5,6 \text{ см}^2$. Она располагалась перед пакетом навстречу воздушному потоку, скорость которого составляла 3 - 5 м/с.

Через 15 - 20 мин после окончания прокачки воздуха пакет разделяли на три исходных фильтрующих слоя и начинали измерять их β -активность на радиометре КРК-1, последовательно меняя фильтры через 120 с. Для каждого слоя получали кривую спада активности на протяжении одного - полутора часов, что позволяло через 4 - 5 сут при повторном измерении определить активность как долгоживущих (ДЖН), так и короткоживущих (КЖН - дочерние продукты радона и торона) нуклидов. Идентификацию радионуклидов выполняли на сцинтилляционном и полупроводниковом γ -спектрометрах.

Контроль метеорологической обстановки

Данные о скоростях ветра и его направлениях, а также температуре воздуха, атмосферном давлении и осадках получали с метеостанции «Чернобыль», расположенной в 18 км на юго-восток от ЧАЭС. В ряде случаев для сопоставления показаний, особенно по скорости ветра, использовали данные мобильной метеостанции CR-10 (Великобритания), принадлежащей ИАБ УААН. Она расположена на крыше 4-этажного административного здания в 1,5 км на запад от объекта «Укрытие».

Факторы, влияющие на генерацию аэрозолей в объекте «Укрытие»

В объекте «Укрытие» трудно выделить главные источники аэрозолей и их генерирующие способности. Во-первых, это связано с тем, что внешняя конструкция, получившая в 1986 г. название «Саркофаг», имеет большое количество «неплотностей»: щелей, люков, технологических каналов и т.д. По экспертным оценкам при сдаче объекта «Укрытие» в эксплуатацию (30 ноября 1986 г.) «неплотности» достигали 1200 м^2 . К концу 90-х годов их площадь по разным причинам уменьшилась в 8 - 10 раз [6]. Через «неплотности» воздух бесконтрольно поступает в объект «Укрытие» и выходит из него. При высоких скоростях наружного ветра это приводит к интенсивному подъему пыли с разрушенных конструкций, ее переносу во внутренние помещения и так называемому неорганизованному выбросу аэрозолей в свободную атмосферу. Во-вторых, воздухообмену (следовательно, и аэрозольному обмену) внутри «Укрытия» способствуют разрушения стен и перекрытий, трещины, пустые трубопроводы, паросбросные каналы, кабельные разводки, старые вентиляционные короба. В-третьих, в «Укрытии» отсутствует приточная вентиляция, а вытяжка воздуха происходит только за счет естественной тяги из ЦЗ через «Байпас» и ВТ-2. Существует сезонность расхода: максимальные потоки 40 - 45 тыс. $\text{м}^3/\text{ч}$ зимой, минимальные – 11 - 13 тыс. $\text{м}^3/\text{ч}$ летом. В-четвертых, в «Укрытии» практически непрерывно в разных местах идут работы с интенсивным пылеобразованием. Например, в конце 80-х - начале 90-х годов - бурение скважин для поиска топливосодержащих материалов, в конце 90-х годов - укрепление западных опор балок Б1 и Б2 - основного элемента кровли, в 2003 г. - прокладка коллекторов и монтаж форсунок МСПП, 2003 - 2004 гг. - проведение модернизации центра кондиционирования воздуха и санпропускника в блоке Г. В-пятых, каждый человек, находящийся в объекте «Укрытие», при передвижении генерирует аэрозоли, каждый хлопок двери приводит к пылеподъему. По данным цеха радиационной безопасности в будние дни 2004 г. дозиметры получали до 300 чел. Они выполняли самые разнообразные работы, в том числе сварочные, которые генерируют субмикронные конденсационные аэрозоли.

Аэрозольная обстановка при сеансах пылеподавления

Наблюдения в «Байпасе»

В работе [7] рассмотрена динамика ОА аэрозолей-носителей α - и β -излучающих нуклидов в ноябре - декабре 2000 г. Отмечено, что после проведения сеансов СПП значительного уменьшения содержания радиоактивных веществ в воздушном потоке через «Байпас» не наблюдалось. К такому же заключению пришли авторы публикации [8] после анализа данных по «Байпасу» за 2002 - 2003 гг. С осени 2003 г. были начаты систематические отборы аэрозолей в исследовательских целях. Пробы отбирали на срезе цилиндрического коллектора «Байпаса» в помещении 4004/1 как во время регламентных сеансов СПП, так и при испытаниях МСПП [9].

В первой серии наблюдений фоновая проба была отобрана 14 октября 2003 г. за сутки до сеанса СПП. ОА смеси долгоживущих β -излучающих нуклидов ($\Sigma\beta$) составляла 6,8 Бк/м³. 15 октября сеанс СПП был начат в 09 ч 15 мин и продолжался около получаса. Проба аэрозолей в «Байпасе» была отобрана с 15 ч 25 мин в течение 2 ч 20 мин. Величина $\Sigma\beta$ достигла 18,2 Бк/м³. В третьей пробе, взятой через сутки после СПП, $\Sigma\beta$ составила 2,1 Бк/м³. Следовательно, в день проведения СПП наблюдалось повышение ОА аэрозолей.

В конце 2003 г. начались испытания МСПП. Впервые за 17 лет существования объекта «Укрытие» орошены поверхности на периферии ЦЗ. Фоновая проба в «Байпасе» была отобрана 23 декабря. Величина $\Sigma\beta$ практически совпала с результатом 16 октября и составила 2,6 Бк/м³. Первая подача составов в новые коллекторы № 2 и 3 произошла 24 декабря. С 12 ч 48 мин в течение 25 мин через каждый коллектор распылили по 5,6 м³ жидкости. Отбор аэрозолей в «Байпасе» был выполнен с 13 ч в течение 50 мин. Зарегистрирована $\Sigma\beta = 10$ Бк/м³. Через сутки, 25 декабря, через коллектор № 2 с 11 ч 32 мин в течение 11 мин было распылено 15 м³ локализирующего состава, а затем столько же через коллектор № 3 с 13 ч 42 мин. Отбор аэрозолей в «Байпасе» провели с 12 ч в течение 1 ч 14 мин. Величина $\Sigma\beta = 21$ Бк/м³. Таким образом, оба дня испытаний МСПП характеризовались, как и при октябрьском сеансе СПП, увеличением концентрации аэрозолей в ЦЗ.

В 2004 г. исследования аэрозольной обстановки проведены при пяти сеансах СПП и 11 испытаниях МСПП. Для уменьшения неопределенностей «фоновые» пробоотборы стали выполнять, как правило, утром за 1 - 2 ч до орошения. Результаты определения ОА и дисперсного состава аэрозолей (АМАД - активностный медианный аэродинамический диаметр и σ - стандартное геометрическое отклонение) представлены в табл. 1.

Из соотношений ¹³⁷Cs/ $\Sigma\beta$ (см. табл. 1) следует, что радионуклидный состав аэрозолей до и при проведении сеанса пылеподавления изменялся незначительно. Средняя величина ¹³⁷Cs/ $\Sigma\beta$ в «фоновых» пробах лишь на 11 - 12 % превосходила значения в пробах, отобранных в процессе распыления раствора, и была близка к расчетному значению 0,31 для базового состава ядерного топлива на 2004 г. Величины ОА нуклидов чернобыльского генезиса изменялись в очень широком диапазоне - от около 1 Бк/м³ до 164 Бк/м³ (максимум был 11 февраля в сеансе СПП). Последняя величина оказалась лишь в два раза ниже, чем контрольная концентрация (370 Бк/м³), установленная для выбросов через «Байпас» в ВТ-2 [10].

Исходя из результатов, представленных в табл. 1, и двух сеансов СПП, проведенных в 2003 г., можно констатировать, что в 14 из 18 случаев концентрации радиоактивных продуктов чернобыльской аварии в процессе орошения повышались. Причем в 65 % случаев - в два - три раза. Максимальное увеличение $\Sigma\beta$ в 12 раз было зарегистрировано 28 октября при испытаниях МСПП. Во время пробоотборов в этот день по данным метеостанции «Чернобыль» наблюдалась умеренная сухая погода с температурой 11 - 12 °С, средним ветром 1 м/с и порывами ветра 4 м/с. Следовательно, погодные условия не могли существенно повлиять на пылеподъем внутри объекта «Укрытие».

Таблица 1. Характеристики радиоактивных аэрозолей-продуктов чернобыльской аварии и дочерних продуктов радона и торона (ДПР) в «Байпасе» за 2004 г.

Дата	Концентрация, Бк/м ³				¹³⁷ Cs/Σβ	АМАД, мкм			σ			Условия отбора*
	¹³⁷ Cs	Σβ	²⁴¹ Am	ДПР		¹³⁷ Cs	Σβ	ДПР	¹³⁷ Cs	Σβ	ДПР	
11.02	10,0	49,3	0,34	9,2	0,20	1,4	1,0	0,41	1,1	1,1	1,6	До СПП
11.02	49,0	164,0	1,09	5	0,30	2,7	2,3	-	1,5	1,3	-	При СПП
16.06	9,16	29,2	1,19	3	0,31		3,3	0,15		1,5	2,8	При СПП
16.06	13,6	55,0	1,97	8	0,25		3,0	0,12		2,2	-	После СПП
15.09	0,60	1,02	-	15	0,60		-	0,06		-	-	При СПП
15.09	0,51	1,13	-	9	0,45		-	0,02		-	-	После СПП
27.09	0,80	1,94	-	30	0,42		2,4	0,20		1,3	4,1	До МСПП
27.09	2,96	6,20	-	27	0,48		6,7	0,09		1,9	5,4	При МСПП
27.09	1,56	3,70	0,029	26	0,42		2,2	0,22		1,6	1,7	После МСПП
28.09	3,70	8,10	-	8	0,46	2,3	3,3	0,24	2,4	2,4	5,4	До МСПП
28.09	3,50	5,80	-	8	0,61	2,1	4,2	0,07	2,8	2,1	-	При МСПП
29.09	1,20	1,9	-	11	0,60		1,6	0,09		1,4	6,9	До МСПП
29.09	8,14	16,3	0,075	22	0,50		1,3	0,09		1,8	5,6	При МСПП
6.10	6,66	13,6	-	12	0,49		1,2	0,06		2,7	8,4	До МСПП
6.10	1,21	4,30	0,022	9	0,28		2,3	0,06		1,3	5,0	При МСПП
8.10	21,2	92,0	0,73	20	0,23		>8	0,24		-	2,2	До СПП
8.10	8,4	32,3	-	20	0,26		3,1	0,21		1,7	1,2	При СПП
20.10	0,75	1,01	-	-	0,75		>8			2,6		До МСПП
20.10	0,96	1,45	-	-	0,66		1,7			1,2		При МСПП
22.10	0,82	1,12	-	-	0,73		1,9			1,6		До МСПП
22.10	0,83	2,34	-	-	0,35							При МСПП
26.10	1,60	3,46	-	-	0,46		3,9			2,0		До МСПП
26.10	8,10	26,4	0,17	-	0,31	4,1	4,2		1,7	1,4		При МСПП
28.10	0,65	1,10	-	-	0,60							До МСПП
28.10	7,10	13,7	0,03	-	0,52							При МСПП
17.11	11,0	53,2	0,31	5	0,21		5,4			1,2		До МСПП
17.11	3,45	7,6	-	5	0,45		2,0	0,84		1,7	14,6	При МСПП
18.11	5,47	19,3	0,10	3	0,28		3,0	0,07		1,3	9,9	До МСПП
18.11	17,7	64,0	-	8	0,28	4,1	3,5	0,03	2,1	1,8	17,3	При МСПП
19.11	1,34	3,0	-	5	0,45		2,3	0,22		2,1	6,5	До МСПП
19.11	1,66	7,9	0,06	10	0,21		>8	0,25		2,9	2,4	При МСПП
15.12	0,99	2,1		7	0,49		3,8	0,16		1,9	5,1	До СПП
15.12	4,33	12,1		6	0,35		3,2	0,19		1,6	4,2	При СПП

* Предлоги до, при и после означают, что проба аэрозолей была отобрана до начала подачи раствора, в процессе его распыления или через 1 - 2 ч после окончания распыления.

Наблюдения в помещениях объекта «Укрытие»

При испытаниях МСПП осенью 2004 г. синхронно с наблюдениями в «Байпасе» несколько проб отобраны на отметке +39,5 м в коридоре 1001/2. В этой точке контролировали работу форсунок коллектора № 2 МСПП, которые орошали пространство между западной стеной 4-го энергоблока (ось 51⁺²) и контрфорсной стеной.

При всех пяти сеансах орошения (табл. 2) наблюдалось увеличение ОА аэрозолей. Максимум Σβ = 473 Бк/м³ был зарегистрирован 22 октября, когда отбор аэрозолей начался одновременно с включением насоса для подачи раствора через коллектор № 2 и продолжался всего 4 мин 21 с. За это время раствор вытеснил из коллектора воздух, который при давлении 4 атм вырывался через форсуночные отверстия, а затем началось распыление состава. Очевидно, эти два процесса (истечение сжатого воздуха и падение первых струй и капель на су-

Таблица 2. Характеристики радиоактивных аэрозолей-продуктов чернобыльской аварии в коридоре 1001/2 объекта «Укрытие» в 2004 г.

Дата	Концентрация, Бк/м ³			¹³⁷ Cs/Σβ	АМАД, мкм		σ		Условия отбора
	¹³⁷ Cs	Σβ	²⁴¹ Am		¹³⁷ Cs	Σβ	¹³⁷ Cs	Σβ	
29.09	0,83	2,8	-	0,30		5,0		2,2	До МСПП
29.09	8,35	31,2	0,23	0,35	3,1	2,0	2,6	1,7	При МСПП
06.10	2,18	10,4	-	0,20	2,3	1,6	2,4	1,9	До МСПП
06.10	39,7	146,0	0,86	0,24	3,4	2,9	2,2	2,2	При МСПП
08.10	1,07	3,7	-	0,29		2,3		1,6	До МСПП
08.10	7,34	23,0	-	0,32		4,1		1,6	При МСПП
22.10	1,48	7,7	0,1	0,19					До МСПП
22.10	118,0	473,0	3,9	0,27					При МСПП
26.10	0,84	6,74		0,12					До МСПП
26.10	4,2	11,5		0,37					При МСПП

хия поверхности) являются определяющими для пылеподъема со стен, перекрытий и обломков строительных конструкций, находящихся в объекте «Укрытие». В дальнейшем генерация аэрозолей снижается, и часть из них начинает вымываться из орошаемого объема. Подобное в природе наблюдается при ливневых дождях.

При испытаниях МСПП 27 - 29 сентября аэрозольные наблюдения были проведены также в верхней части объекта «Укрытие». Для этого выбрали точку на отметке +59,5 м, т.е. на 2 м ниже трубного наката, около западной опоры северной сборки балок Б1/Б2 (узел 50П). Отсюда хорошо прослеживались расположенные ниже форсунки коллектора № 1 (СПП) в ЦЗ и коллектора № 3 (МСПП), находящиеся севернее ЦЗ над барабан-сепараторами.

Таблица 3. Характеристики радиоактивных аэрозолей-продуктов чернобыльской аварии около западной опоры северной сборки балок Б1/Б2 в 2004 г.

Дата	Концентрация, Бк/м ³			¹³⁷ Cs/Σβ	Дисперсность Σβ		Условия отбора
	¹³⁷ Cs	Σβ	²⁴¹ Am		АМАД, мкм	σ	
27.09	0,23	0,46		0,51	8,0	1,8	До МСПП
27.09	0,55	0,99		0,55	5,4	3,8	При МСПП
28.09	0,30	0,99		0,51			До МСПП
28.09	0,71	1,10	0,023	0,64	5,6	5,1	При МСПП
29.09	<0,33	0,67		-			До МСПП
29.09	<0,14	0,13		-			После МСПП

Из сопоставления данных табл. 3 и 1 видно, что концентрации РА около опоры балок Б1/Б2 были ниже, чем в «Байпасе», как при фоновых пробоотборах, так и при работе МСПП. Очевидно, это связано с наличием в верхней части объекта «Укрытие» многочисленных щелей, через которые происходит интенсивный воздухообмен с внешней средой. Тем не менее при распылении растворов 27 и 28 сентября концентрации РА увеличились вдвое.

В 2003 и 2004 гг. в периоды испытаний МСПП важные наблюдения за концентрациями РА на нижних отметках объекта «Укрытие» выполнили специалисты лаборатории радиационно-экологического мониторинга ЦРБ по методике, указанной в [11]. В декабре 2003 г. они установили, что ОА аэрозолей в ряде помещений постоянного и периодического пребывания персонала на 4-м блоке возросли, но не превысили контрольных концентраций [10]. Наибольшее повышение ОА аэрозолей зарегистрировано в необслуживаемых помещениях, приближенных к зоне действия МСПП. Так, в помещении 402/3, где размещаются двигатели южной группы главных циркуляционных насосов, пробы аэрозолей в дни испытаний МСПП 24 и 25 декабря отбирали до начала распыления раствора и через час после окончания. Спустя сутки после завершения испытаний была отобрана еще одна проба. В первый день Σβ уве-

личилась почти в 100 раз и достигла 60 Бк/м³ (табл. 4). Утром следующего дня содержание РА соответствовало “фоновому” уровню, но после орошения возросло в 20 раз. При контрольном пробоотборе 26 декабря $\Sigma\beta$ вновь оказалась “фоновым”. Следует отметить, что увеличение концентрации РА во время работы штатной СПП отмечалось и ранее [12], но в меньшей степени.

Таблица 4. Объемные активности аэрозолей ($\Sigma\beta$) в помещении 402/3 при проведении испытаний МСПП в декабре 2003 г.

Дата	24 декабря		25 декабря		26 декабря
	до	после	до	после	
Условия отбора					штатно
$\Sigma\beta$, Бк/м ³	0,63	60,0	0,56	11,0	0,13
Отношение $\Sigma\beta$ (после/до)	95		20		-

В сентябре и октябре 2004 г. контроль загрязнения воздуха в необслуживаемых помещениях объекта «Укрытие» был продолжен до, во время и после работы МСПП. Полученные результаты приведены в табл. 5.

Таблица 5. Загрязненность воздуха в необслуживаемых помещениях объекта «Укрытие» в 2004 г.

Дата	Коллектор	Объемная активность $\Sigma\beta$ -излучающих аэрозолей, Бк/м ³								
		Помещение 406/2			Помещение 402/3			Помещение 207/5		
		до пуска	во время пуска	после пуска	до пуска	во время пуска	после пуска	до пуска	во время пуска	после пуска
27.09	2+3	0,36	1,6	1,3	4,6	8,6	0,84	0,78	1,3	0,38
28.09	2+3	11	2,0	0,53	0,49	5,7	1,1	1,6	0,66	1,5
29.09	2+3	1,7	1,3	0,91	1,6	0,95	1,3	1,5	0,7	0,25
06.10	2	1,7	25	12	1,8	2,6	4,7	83	2,0	5,7
08.10	3	0,25	21	14	34	0,86	0,46	1,7	5,3	0,54
22.10	2	0,64	0,74		0,41	6,2		0,21	0,31	
26.10	3	0,11	4,3	2,1	0,19	3,1	0,53	0,33	0,19	1,0
28.10	1	0,31	1,5	0,86	3,3	0,53	10	1,8	2,6	1,3

Анализ данных табл. 5 показывает, что в период испытаний МСПП динамика ОА аэрозолей имела сложный характер. В одних случаях пуск системы приводил к повышению загрязненности воздуха, в других, наоборот. Так, в помещении 406/2 29 сентября, 6, 8, 26 и 28 октября было зарегистрировано значительное увеличение ОА аэрозолей после окончания работы МСПП. Однако 28 сентября после орошения загрязненность уменьшалась. В помещениях 207/5 при орошении 6 октября концентрация снизилась, но уже через час после этого существенно повысилась. В помещении 402/3 концентрация аэрозолей 8 октября резко снизилась во время орошения, а затем еще немного после его окончания.

Необходимо отметить, что снижение концентраций РА в трех указанных выше помещениях при орошении были отнюдь не ошибками при отборе и измерении проб. Кроме того, в помещения не проникали струи распыляемого раствора, поскольку они расположены на нижних отметках объекта «Укрытие» (на 10 – 20 м ниже поверхности развала ЦЗ). В обсуждаемых явлениях отразилась общая ситуация, сложившаяся в эти дни испытаний МСПП. Ранее уже было отмечено, что 28 сентября, 6 и 8 октября аналогичные эффекты наблюдались при отборе проб в «Байпасе». Причем 28 сентября и 6 октября концентрации $\Sigma\beta$ в помещениях 406/2 и 207/5 были выше, чем в «Байпасе», а следовательно, выше, чем в ЦЗ. Из этого можно заключить, что до начала орошения аэрозоли поступали из этих помещений в ЦЗ. Возможно, была и иная ситуация - поступление аэрозолей из какого-то третьего помещения (или группы помещений) как в рассматриваемые помещения, так и в ЦЗ. По справке ЦРБ объекта «Укрытие» высокий уровень загрязнения воздуха 6 октября в помещении 207/5 до пуска МСПП был связан с переносом РА через открытую дверь при проведении в помеще-

нии 211/2 регламентных работ с пылеподъемом. После окончания работы МСПП загрязненность воздуха в 207/5 резко снизилась в результате прекращения работ в 211/2 и поступления “очищенных” воздушных потоков из зоны орошения.

**Влияние природных факторов на аэрозольную обстановку
Связь объемных активностей аэрозолей со скоростью ветра**

В [1] рассмотрены семь метеорологических ситуаций, которые в 2003 – 2004 гг. приводили к значительному увеличению в «Байпасе» ОА аэрозолей чернобыльского генезиса. Эффект отчетливо проявляется при средней скорости ветра свыше 4 – 5 м/с и максимальных порывах свыше 10 – 11 м/с. Наряду с этим в нескольких эпизодах слабые ветры, особенно погода с туманами, коррелировали с наиболее низкими ОА. Поскольку к концу 2004 г. удалось отобрать в «Байпасе» около 100 проб, было решено выявить количественную связь концентрации аэрозолей с метеопараметрами, особенно со скоростями и направлениями ветра.

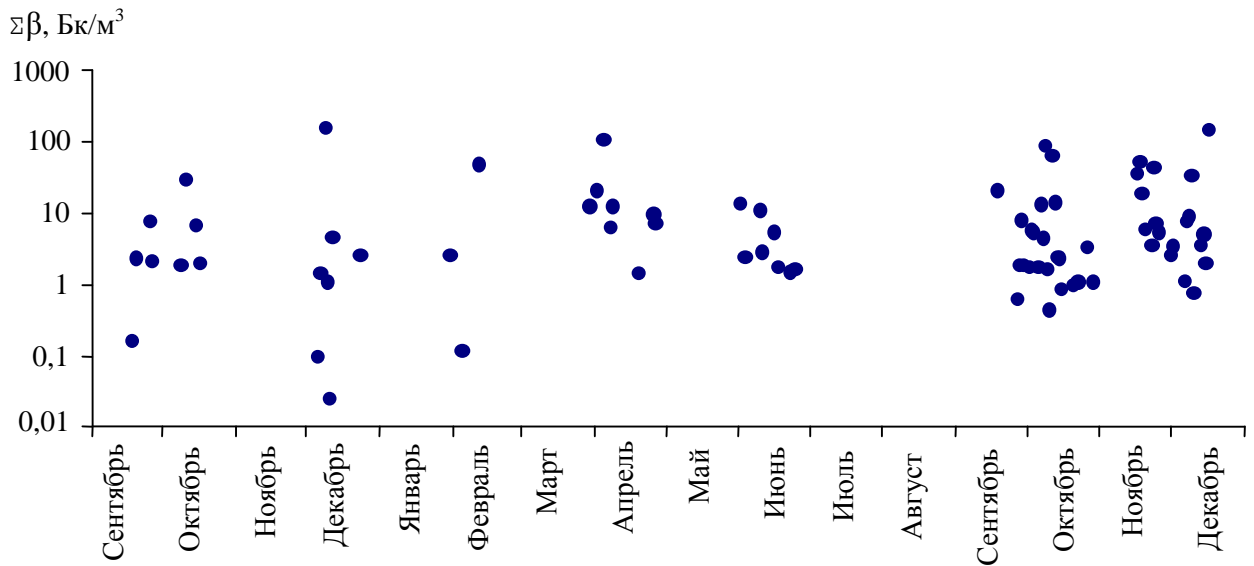


Рис. 1. Объемные активности аэрозолей $\Sigma\beta$ в "Байпасе" объекта "Укрытие" при преимущественном воздействии природных факторов в 2003 - 2004 гг. (данные при сеансах СПП и МСПП не включены).

На рис. 1 показан временной ход $\Sigma\beta$. Диапазон концентраций составляет три порядка - от 0,1 до 160 Bk/m^3 , сезонная закономерность не проявляется. Не обнаружено мгновенной или отсроченной связи с количеством и видом осадков. Например, в июне наблюдалась сухая погода с начала месяца за 24 дня количество осадков составило 5,8 мм, однако величины $\Sigma\beta$ находились на уровне от 1 до 10 Bk/m^3 .

На рис. 2 и 3 представлены данные, из которых видна тенденция увеличения содержания аэрозолей в «Байпасе» с повышением скорости ветра. На рис. 2 аппроксимирующая прямая соответствует уравнению $2,5\Sigma\beta = 3^u$, а на рис. 3 – уравнению $2,5\Sigma\beta = 1,5^v$, где u – средняя скорость ветра (м/с) и v – максимальные порывы ветра (м/с) на метеостанции «Чернобыль» за период отбора пробы. На обоих графиках пунктирные прямые соответствуют концентрациям, которые в два раза отличаются от аппроксимированной величины. Очевидно, что на рис. 2 и 3, половина полученных данных располагается между граничными линиями. Из этого следует, что имеется возможность оценки выброса РА из объекта «Укрытие» через ВТ-2 в зависимости от скорости ветра во время отбора пробы.

Безусловно, разброс данных на рис. 2 и 3 высок. Это связано со многими причинами: а) скорость ветра – один из наиболее динамичных метеопараметров, который трудно описать математически и измерить; б) пылеподъем внутри «Укрытия» зависит от состояния генерирующих поверхностей, относительной влажности воздуха, увлажненности пыли, сы-

Рис. 2. Объемные активности аэрозолей $\Sigma\beta$ в "Байпасе" объекта "Укрытие" в зависимости от средней скорости ветра на метеостанции в период отбора пробы (по данным с сентября 2003 г. по декабрь 2004 г.).

пучих материалов и подстилающих поверхностей; в) изменение концентрации и дисперсного состава аэрозолей-носителей продуктов чернобыльской аварии в таком большом по объему и количеству помещений сооружении происходит инерционно - на это влияют такие факторы, как гравитационное осаждение аэрозолей и скорость воздухообмена внутри и с внешней средой; з) поступление аэрозолей от любой деятельности внутри практически не поддается контролю как по количеству, дисперсному и радионуклидному составу, так и по каналам переноса; д) параметры воздушной среды, зафиксированные на метеостанции «Чернобыль», естественно, отличаются от того, что наблюдается около объекта «Укрытие». Имеются и другие факторы, влияющие на характеристики РА в объекте «Укрытие». Некоторые из них будут рассмотрены ниже. Пока же необходимо отметить, что на концентрацию РА в «Байпасе» не сказывается поступление аэрозолей с промплощадки и территории ЧАЭС. Как показано в

работе [1], даже при сильных ветрах в марте 2003 г., когда порывы ветра достигали 14 м/с, в локальной зоне была зафиксирована максимальная за год $\Sigma\beta = 0,03 \text{ Бк/м}^3$. Но даже эта величина оказалась лишь равна минимальной концентрации в «Байпасе», представленной на рис. 1.

Среди причин, способных влиять на концентрацию РА в «Байпасе», может фигурировать направление ветра. Меньше должны сказываться ветры восточной четверти, поскольку от них объект «Укрытие» закрыт 3-м энергоблоком и разделительной стеной, воздвигнутой в 1986 г. не только между 3-м и 4-м энергоблоками, но и в машинном зале. Кроме того, восточные ветры в чернобыльской зоне наименее повторяемые. С севера, запада и юга ветер легко проникает через неплотности и щели под кровлю «Укрытия», в частности в ЦЗ и смежные помещения.

Все данные, представленные на рис. 3, были сгруппированы по четырем направлениям. Почти половину составили ветры западной четверти (рис. 4), около 25 % - северной (рис. 5) и примерно по 12 % - южной (рис. 6) и восточной четвертей. Как видно из этих рисунков, представленные результаты аппроксимируются теми же прямыми, как на рис. 3. Возможно, лишь северные ветры приводят к более высоким концентрациям аэрозолей в «Байпасе» (чуть больше половины точек на рис. 6 расположены выше основной аппроксимирующей линии). Однако на данной стадии исследования можно принять, что направление ветра незначительно влияет на концентрацию в «Байпасе» радиоактивных аэрозолей-продуктов чернобыльской аварии.

В публикации [1] было обращено внимание на наиболее низкие $\Sigma\beta$, зафиксированные в «Байпасе» в 2003 г. В первом случае 5 декабря $\Sigma\beta = 0,097 \text{ Бк/м}^3$. Во втором, 10 декабря, $\Sigma\beta$ оказалась рекордно низкой - $0,026 \text{ Бк/м}^3$. В обоих случаях около ЧАЭС

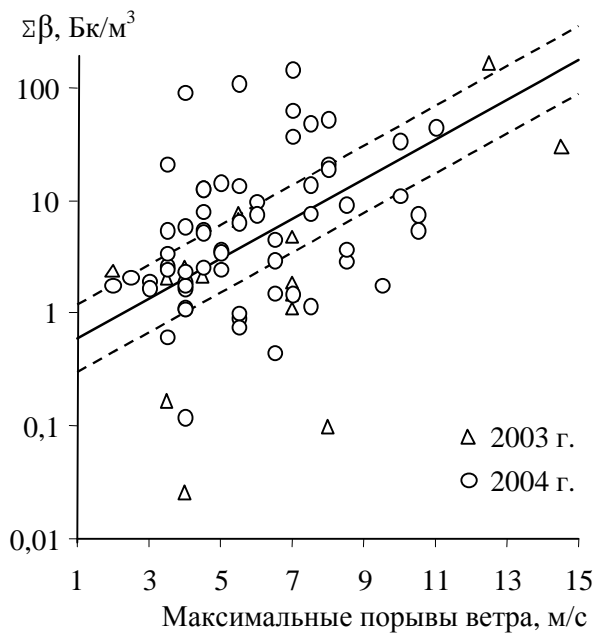


Рис. 3. Объемные активности аэрозолей $\Sigma\beta$ в "Байпасе" объекта "Укрытие" в зависимости от максимальных порывов ветра на метеостанции в период отбора пробы (по данным с сентября 2003 г. по декабрь 2004 г.).

(рис. 5) и примерно по 12 % – южной (рис. 6) и восточной четвертей. Как видно из этих рисунков, представленные результаты аппроксимируются теми же прямыми, как на рис. 3. Возможно, лишь северные ветры приводят к более высоким концентрациям аэрозолей в «Байпасе» (чуть больше половины точек на рис. 6 расположены выше основной аппроксимирующей линии).

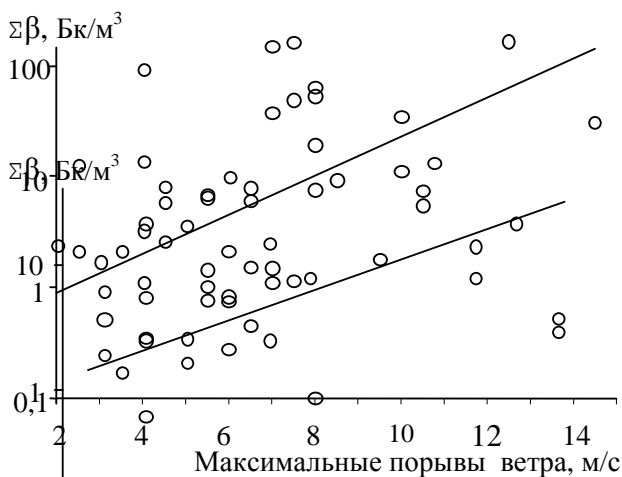


Рис. 4. Объемные активности аэрозолей в "Байпасе" объекта "Укрытие" в зависимости от максимальных порывов ветров западной четверти метеостанции в период отбора пробы (по данным с сентября 2003 г. по декабрь 2004 г.).

наблюдался туман. По данным метеостанции «Чернобыль» 10 декабря туман появился в 5 ч утра, когда температура с положительной в предыдущий день опустилась до $-4,9\text{ }^{\circ}\text{C}$. В 2004 г. туман в районе ЧАЭС наблюдался 4 февраля. При этом в 8 ч утра (перед началом отбора аэрозолей) на метеостанции также была зафиксирована отрицательная температура $-5,3\text{ }^{\circ}\text{C}$. Вновь ОА оказалась низкой ($\Sigma\beta = 0,12\text{ Бк/м}^3$). В 2004 г. при отборах аэрозолей туманов больше не наблюдали.

Механизм воздействия туманов на аэрозольную обстановку внутри «Укрытия», очевидно, сводится к тому, что микронные капли, попадая с воздушными потоками, увлажняют как горизонтальные, так и вертикальные поверхности и предотвращают подъем пыли. Кроме того, аэрозоли, находящиеся в ЦЗ и других помещениях, увлажняются, укрупняются и быстрее оседают.

Интересно, что туман в объекте «Укрытие» может появиться и при отсутствии его во внешней среде. Поскольку блок Б не отапливается, имеет много щелей и неплотностей, его температура отличается от температуры внешней среды. В [13] показано, что разница в

среднесуточных температурах в зависимости от сезона года может достигать $20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Из-за огромной массы строительных конструкций в объекте «Укрытие» летом холоднее, чем снаружи, зимой – теплее. Кроме того, в течение суток температура внутри менее изменчива, чем во внешней среде. В качестве примера на рис. 7 приведены температуры воздуха в ЦЗ на отметке $+34,5\text{ м}$ (на 5 м выше схемы "Е") и на метеостанции «Чернобыль» в начале апреля 2004 г. Как видно, 5 и 7 апреля, когда в дневные часы воздух снаружи прогревался до $15 - 16\text{ }^{\circ}\text{C}$, в ЦЗ температура была на $8 - 9\text{ }^{\circ}\text{C}$ ниже. Такого перепада температуры при высокой относительной влажности воздуха достаточно для конденсационного образования

водного тумана. ятная об- туманов склады- Интересными с чиков. В точках умерен- вии на жить дует про- центра- аэрозо-

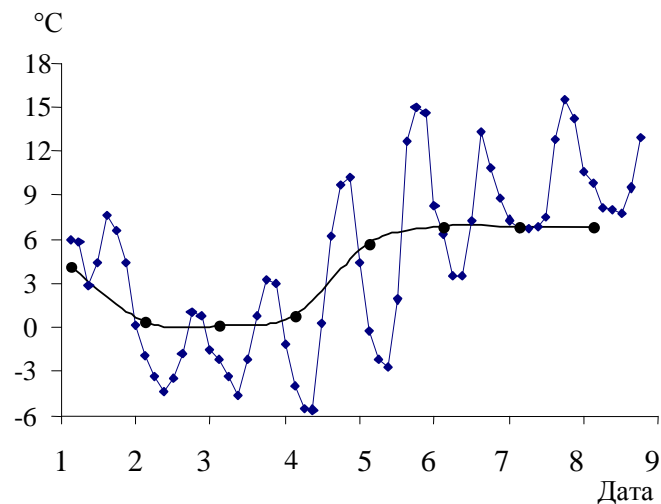


Рис. 7. Температура воздуха на отметке $+34,5\text{ м}$ центрального зала объекта "Укрытие" (сплошная кривая) и на метеостанции "Чернобыль" (\blacklozenge) в апреле 2004 г.

проб, 2003 –

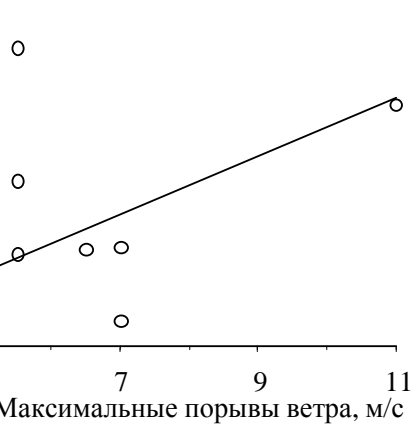


Рис. 6. То же, что на рис. 4, для ветров южной четверти.

Очевидно, благоприятная обстановка для возникновения внутри объекта «Укрытие» туманов складывается в апреле - мае - июне. Интересно провести наблюдения за помощью аэрозольных счетчиков. В качестве одной из удобных точек размещения приборов при радиационном воздействии операторов можно предложить «Байпас». Одновременно следует продолжить исследования концентраций и дисперсного состава аэрозолей, покидающих ЦЗ.

Поскольку для всех отобранных из «Байпаса» в 2004 г., с помощью γ -спектрометрии было определено количество ^{137}Cs , а для некоторых проб еще ^{241}Am , то были рассчитаны их соотношения, а также $^{137}\text{Cs}/\Sigma\beta$.

Обработка данных 26 проб в вероятностно-логарифмических координатах показала, что 50 %-ному интервалу распределения соответствует $^{137}\text{Cs}/^{241}\text{Am} = 53$. Это лишь на 10 % выше, чем по расчету на 1 декабря 2003 г. для базового топлива [14]. Две трети соотношений укладываются в диапазон от 28 до 80. Аномально высокая величина $^{137}\text{Cs}/^{241}\text{Am} = 393$ была получена 10 октября 2004 г. В этот день был очень сильный ветер с порывами до 16 м/с .

Возможно, под его воздействием из какого-то помещения поступали аэрозоли, обогащенные ^{137}Cs .

Аналогичная обработка данных 65 проб показала, что 50 %-ному интервалу распределения соответствует $^{137}\text{Cs}/\Sigma\beta = 0,36$. Это лишь на 15 % выше, чем по расчету для базового топлива [14], и совпадает с результатами, опубликованными в [1].

Как изложено выше, при радиометрии проб были определены количества дочерних продуктов радона и торона. Из рис. 8 следует, что в течение 16 мес содержание естественных инертных радиоактивных газов оставалось стабильным. При этом минимальные величины отличались от максимальных лишь в 10, а не в 1000 раз, как для аэрозольных продуктов чернобыльской аварии (см. рис. 1). Обработка данных, представленных на рис. 8, показала,

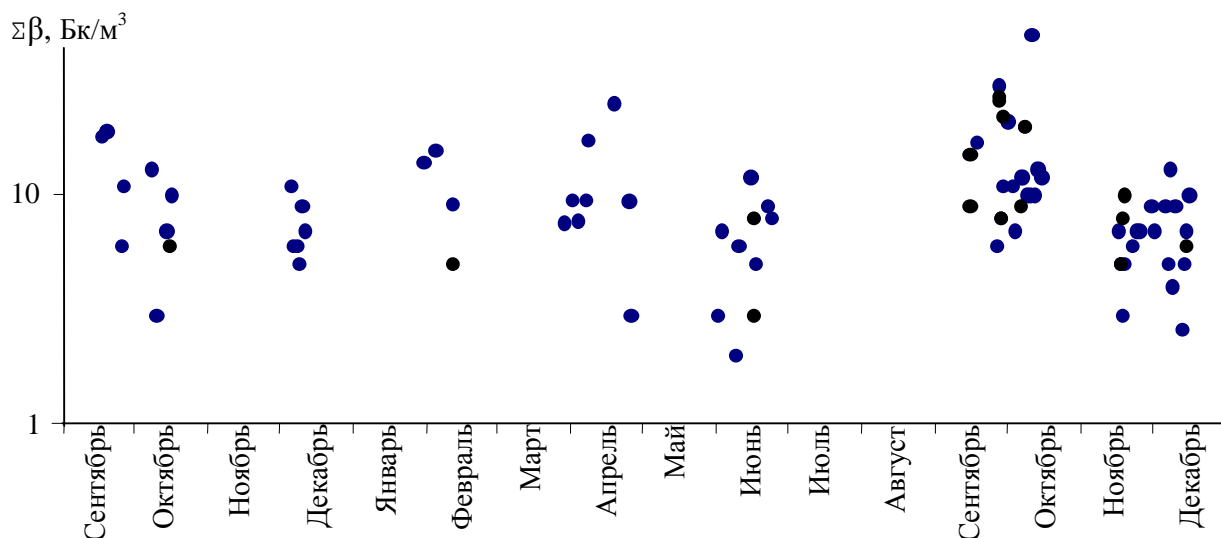


Рис. 8. Объемные активности аэрозолей-носителей дочерних продуктов радона и торона в "Байпасе" объекта "Укрытие" в 2003 - 2004 гг.

что две трети проб имели концентрации от 5 до 13 Бк/м³, а 50 %-ному интервалу распределения соответствовало значение 9 Бк/м³. Таким образом, ни сеансы пылеподавления, ни сильные ветры или штилевая погода не оказывали существенного влияния на поступление в «Байпас» аэрозолей дочерних продуктов радона и торона.

Дисперсный состав аэрозолей-носителей радионуклидов

Важная информация об аэрозолях в ЦЗ получена при обработке данных по их дисперсности. АМАД аэрозолей-носителей β -излучающих нуклидов чернобыльского генезиса (рис. 9), за исключением одной пробы (13 октября 2004 г.), превышал 1 мкм. Около 20 % проб имели АМАД более 8 мкм. Обработка данных почти 80 проб в вероятностно-логарифмических координатах показала, что 50 %-ный интервал приходится на частицы с АМАД = 3,8 мкм, а 67 % проб имели АМАД от 1,7 до 8,5 мкм. Это соответствуют аэрозолям как в пробах, отобранных при работе СПП и МСПП, так и при ветровом воздействии. В ряде

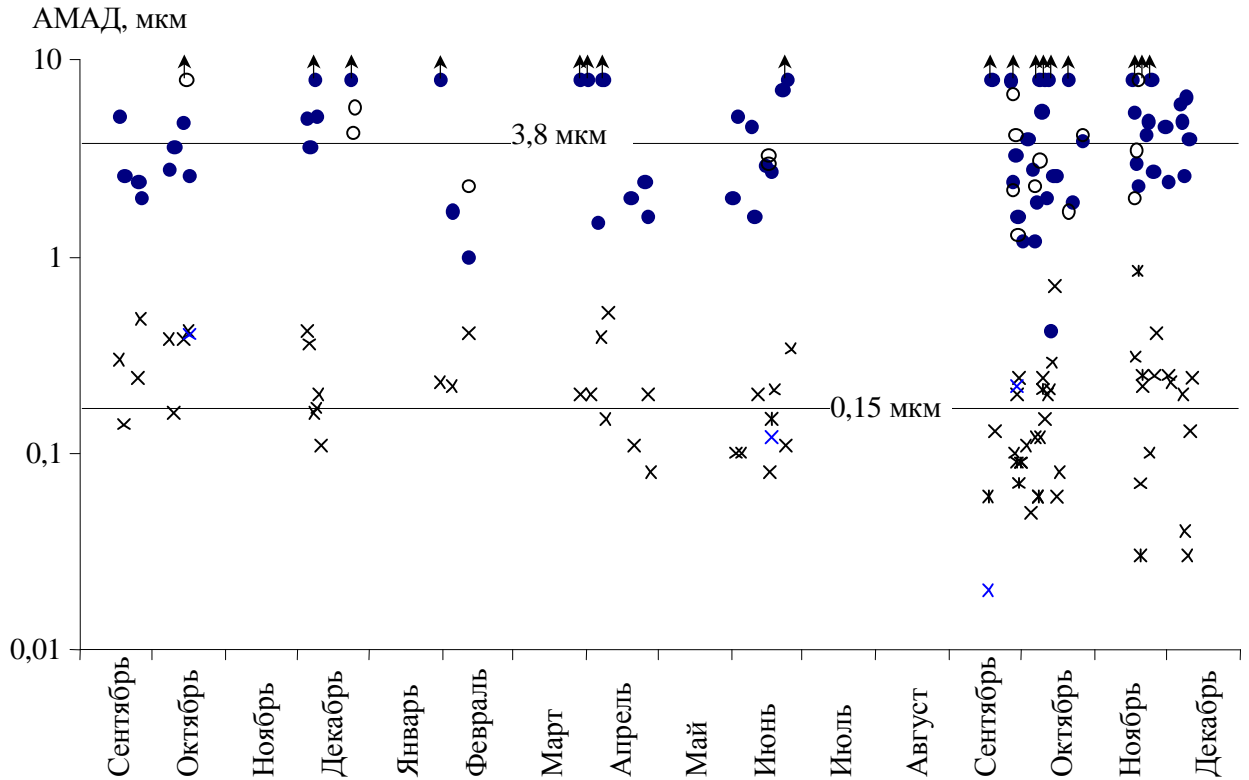


Рис. 9. АМАД аэрозолей-носителей β -излучающих нуклидов чернобыльского генезиса и дочерних продуктов радона и торона в "Байпасе" объекта "Укрытие" в 2003 - 2004 гг.

Обозначения: носители β -излучающих нуклидов чернобыльского генезиса (o - при сеансах пылеподавления; • - под воздействием ветра), носители дочерних продуктов радона и торона (* - при сеансах пылеподавления; x - под воздействием ветра), \uparrow - пробы с АМАД крупнее 8 мкм.

проб были определены характеристики распределений аэрозолей-носителей ^{137}Cs и β . Как следует из табл. 1, величины АМАД в пределах погрешности метода совпали. Это свидетельствовало, что радионуклиды находились на одних и тех же частицах.

Каких-либо закономерностей между погодными условиями, техногенной деятельностью и дисперсностью аэрозолей-носителей радионуклидов в объекте «Укрытие» не выявлено. Однако один случай требует более полного рассмотрения. Это проба от 13 октября 2004 г., в которой АМАД аэрозолей β -излучающих нуклидов составил 0,42 мкм. Среди 79 проб, отобранных в «Байпасе» в 2003 – 2004 гг., этот показатель оказался наименьшим. Рассмотрение метеорологической обстановки за предшествующие дни и ОА аэрозолей показало, что повторилась ситуация начала декабря 2002 г., изложенная в публикации [15].

По данным метеостанции CR-10 после слабых ветров 9 и 10 октября 2004 г. днем 11 октября средние скорости ветра на высоте 18 м от земли возросли до 7 м/с. Затем в ночные часы они снизились, но 12 октября днем усилились до 4 м/с. Ночью и днем 13 октября средняя скорость ветра не превышала 2 – 3 м/с. Пробы аэрозолей отбирали в «Байпасе» по 2 ч. Получено, что 9 и 10 октября β составляла соответственно 1,7 и 0,5 Бк/м³. Затем 11 октября

концентрация резко возросла до 64 Бк/м^3 , а в последующие два дня снизилась сначала до 15, потом до $2,5 \text{ Бк/м}^3$. Что же в эти дни наблюдалось в пространстве ЦЗ?

Изменение аэрозольного состава воздуха в объекте «Укрытие» происходило по нескольким путям: воздухообмен с внешней средой за счет естественной тяги через «Байпас» в ВТ-2, а также через неплотности строительных конструкций; подпитка аэрозолями вследствие техногенной деятельности в «Укрытии»; гравитационное осаждение крупных частиц.

По показаниям расходомера 9 - 13 октября поток в «Байпасе» равнялся 25 - 30 тыс. $\text{м}^3/\text{ч}$. Поскольку объем блока Б объекта «Укрытие» составляет около 300 тыс. м^3 , то для 4-кратного снижения $\Sigma\beta$ с 64 до 15 Бк/м^3 потребовалось бы около 40 ч, а не сутки, как следовало из результатов пробоотборов 11 и 12 октября. Вынос через «неплотности» рассчитать невозможно из-за того, что не известны не только скорости потоков, но и их направление (внутри объекта «Укрытие» или из него). Подпитка техногенными аэрозолями не могла быть значительной, так как 9 и 10 октября были выходными днями. Интенсивно шло очищение воздуха за счет гравитационного осаждения крупных частиц, которые являются в объекте «Укрытие» основными носителями радионуклидов-продуктов аварии (см. рис. 9). Расчет показал, что частицам с плотностью 1 г/см^3 и диаметром 5 мкм требуется всего 3 ч, чтобы при седиментации пройти расстояние 30 м (от крыши ЦЗ до поверхности его развала), и 75 ч, если их диаметр 1 мкм. Однако частицам размером 0,1 мкм для этого потребуется около года. Таким образом, аэрозоли с АМАД = 0,42 мкм, зарегистрированные 13 октября, оставались лишь небольшим «хвостиком» от облака частиц всех размеров, поднятых в объекте «Укрытие» во время сильного ветра 11 октября.

На протяжении 16 мес исследований в «Байпасе» стабильным оставался дисперсный состав аэрозолей-носителей дочерних продуктов радона и торона (см. рис. 9). Минимальная величина АМАД = 0,02 мкм и максимальная 0,84 мкм были зарегистрированы при испытаниях МСПП. Обработка данных 77 проб в вероятностно-логарифмических координатах показала, что 50 %-ному интервалу распределения соответствует АМАД = 0,15 мкм, а две трети проб укладываются в диапазон АМАД от 0,07 до 0,3 мкм. Величины σ для них, как правило, превышали 2 (см. табл. 1), что свидетельствовало о бимодальном распределении аэрозолей по размерам. Различие АМАД аэрозолей дочерних продуктов радона и торона при сопоставлении с радионуклидами чернобыльского генезиса является следствием разных механизмов из образования. Для первых – это осаждение атомарных продуктов распада радона и торона на атмосферных ядрах конденсации, для вторых – диспергационные процессы при эрозии и распылении материалов. Это различие позволяет сепарировать аэрозоли по размерам частиц, что представляет практический интерес при радиационном контроле воздушной среды в «Укрытии». Реализация метода заключается в использовании при регламентном пробоотборе штатного фильтра АФА РСР-20, на который сверху накладывают фильтр ФПП-70-0,1. При этом условия прокачки воздуха практически не изменяются, но на фильтре ФПП-70-0,1 оседает 80 – 95 % аэрозолей-продуктов чернобыльской аварии (т.е. ДЖН) и лишь 10 – 15 % дочерних продуктов радона и торона (т.е. КЖН). Благодаря этому оценку $\Sigma\beta$ по ДЖН можно проводить путем измерения фильтра ФПП-70-0,1 сразу после окончания прокачки.

Выводы

1. Обобщены результаты измерений около 100 проб аэрозолей, отобранных с помощью пакетов трехслойных фильтров с сентября 2003 г. по декабрь 2004 г. в вентиляционном канале «Байпас», через который воздух из ЦЗ поступает в атмосферу.

2. Установлено, что при подготовке и работе СПП и МСПП ОА $\Sigma\beta$ аэрозолей-носителей нуклидов чернобыльского генезиса изменялась в широком диапазоне от 1 до 164 Бк/м^3 . В 14 из 18 сеансов распыления составов $\Sigma\beta$ увеличивалась в «Байпасе» на порядок величины. В ряде случаев при испытаниях МСПП одновременно с «Байпасом» повышение ОА $\Sigma\beta$ аэрозолей зарегистрировано также в помещениях 207/5, 402/3, 406/2, коридоре 1001/2 и около за-

падной опоры северной сборки балок Б1/Б2. Максимальная величина $\Sigma\beta = 473 \text{ Бк/м}^3$ зарегистрирована при испытании МСПП 22 октября 2004 г. в коридоре 1001/2. Это на 30 % выше контрольной концентрации для выбросов аэрозолей через ВТ-2.

3. Показано, что существенное влияние на содержание РА в ЦЗ оказывает ветер во внешней среде: при высоких скоростях концентрации существенно выше, чем при штилевых условиях, особенно с туманами. Максимальная ОА $\Sigma\beta = 165 \text{ Бк/м}^3$ зарегистрирована 8 декабря 2003 г., когда порывы ветра достигали 12 – 13 м/с, а минимальная $\Sigma\beta = 0,026 \text{ Бк/м}^3$ – спустя два дня при слабом ветре и тумане. Получены уравнения ($2,5\Sigma\beta = 1,5^v$ и $2,5\Sigma\beta = 3^u$) для ОА аэрозолей $\Sigma\beta$ (Бк/м^3) долгоживущих нуклидов как функции максимальных порывов ветра v (м/с) и средней скорости ветра u (м/с) на метеостанции «Чернобыль» за период отбора пробы. Отмечено, что направление ветра практически не сказывается на концентрации РА в «Байпасе». Для большинства проб отношения концентраций $^{137}\text{Cs}/\Sigma\beta$ и $^{137}\text{Cs}/^{241}\text{Am}$ близки к 0,36 и 53, что лишь на 15 и 10 % выше соответствующих расчетных величин для базового состава топлива.

4. За 16 мес исследований содержания аэрозолей дочерних продуктов радона и торона в воздухе ЦЗ оставались стабильными. Независимо от техногенной деятельности, погодных условий, в том числе скоростей ветра, максимальные концентрации отличались от минимальных лишь в 10 раз, а не в 1000, как для аэрозолей-носителей продуктов чернобыльской аварии.

5. Не выявлено какой-либо связи дисперсного состава РА с состоянием внешней среды и техногенной деятельностью, в частности проведением сеансов СПП и МСПП. В большинстве проб АМАД аэрозолей-носителей радионуклидов чернобыльского генезиса составлял около 4 мкм, а дочерних продуктов радона и торона – 0,15 мкм.

Авторы благодарят В. П. Ковальчука и Д. И. Ширина за организацию и участие в отборах проб в «Байпасе», сотрудников метеостанции «Чернобыль» за сведения о погоде.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Огородников Б.И., Павлюченко Н.И., Хан В.Е., Краснов В.А. Связь концентраций радиоактивных аэрозолей в «Байпасе» объекта «Укрытие» с погодными условиями // Проблемы Чернобиля. – 2004. – Вып. 15. – С. 14 – 23.
2. 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 // Там же. – С. 24 – 33.
3. Технологический регламент объекта «Укрытие» реактора блока № 4 Чернобыльской АЭС. 1Р-ОУ/ОП ЧАЭС / Объект «Укрытие». – Инв. № 01 ТО, - 2000. – 68 с.
4. Богатов С.А., Евстратенко А.С., Симановская И.Я. Повышение безопасности объекта «Укрытие» путем расширения системы пылеподавления // Проблемы Чернобиля. – 2001. – Вып. 8. – С. 35 – 38.
5. Vudyka A.K., Ogorodnikov B.I., Skitovich V.I. Filter pack technique for determination of aerosol particle sizes // Journal of Aerosol Science. – 1993. – Vol. 24, Suppl. 1. - P. S205 – S206.
6. 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.
7. Огородников Б.И., Павлюченко Н.И., Пазухин Э.М. Радиоактивные аэрозоли объекта «Укрытие» (обзор). Часть 2.1. Концентрации радиоактивных аэрозолей внутри объекта «Укрытие». Чернобыль, 2003. – 56 с. – (Препр./ НАН Украины. МНТЦ «Укрытие»; 03-1).
8. Меленевский А.Э., Ушаков И.А., Кислинский В.А. и др. Разработка концепции формирования радиационнотойкого локализирующего покрытия на основных пылегенерирующих поверхностях центрального зала объекта «Укрытие» // Проблемы Чернобиля. – 2004. – Вып. 14. – С. 146 – 150.
9. Огородников Б.И. СПП: хорошо, плохо, бесполезно? К проблеме пылеподавления в объекте «Укрытие» // Тез. докл. Междунар. науч. сем. «Радиоэкология Чернобыльской зоны», 13 – 14 сент. 2004 г., Славутич, Украина. – Славутич, 2004. – С. 15 – 16.
10. Контрольные уровни радиационной безопасности на ОУ, КУРБ-ОУ-2002.

11. *Измерение альфа-, бета-активности в пробах воздушной среды и бета-активности в пробах питьевой воды на радиометре КРК-1. Инструкция ЗЭ-ЦРБ (ОУ).*
12. *Огородников Б.И., Будыка А.К. Мониторинг радиоактивных аэрозолей в объекте «Укрытие» // Атомная энергия. – 2000. – Т. 91, вып. 6. – С. 471 – 475.*
13. *Контроль неорганизованных выбросов из объекта «Укрытие» // Проблемы Чернобиля. – 2003. – Вып. 12. – С. 126 – 141.*
14. *Бегичев С.Н., Боровой А.А., Бурлаков Е.В. и др. Топливо реактора 4-го блока ЧАЭС. – М., 1990. – 21 с. – (Препр./ Ин-т атомной энергии им. И.В. Курчатова; ИАЭ-5268/3).*
15. *Огородников Б.И., Павлюченко Н.И., Будыка А.К. Выброс радиоактивных аэрозолей из объекта «Укрытие» при сильных ветрах // Радиационная биология. Радиозэкология. – 2005. – Т. 45, вып. 2. – С. 49 – 55.*

Поступила в редакцию 17.03.05,
после доработки - 22.03.05.

41 ПИЛОУТВОРЕННЯ В ОБ'ЄКТІ «УКРИТТЯ»
ПІД ВПЛИВОМ ТЕХНОГЕННИХ І ПРИРОДНИХ ФАКТОРІВ

Б. І. Огородников, М. І. Павлюченко, О. К. Будика, В. О. Краснов

За результатами вимірювань у 2003 – 2004 рр. об'ємних активностей і дисперсного складу радіоактивних аерозолей у вентиляційній системі «Байпас» і приміщеннях об'єкта «Укриття» ЧАЕС установлено, що при регламентних сеансах пилопригнічення й випробуваннях модернізованої системи пилопригнічення кількість аерозолей-носіїв радіонуклідів чорнобильського генезису в повітрі, як правило, значно збільшується. До підвищення концентрацій радіоактивних аерозолей у «Байпасі» приводять середні швидкості вітру більш 4 – 5 м/с і пориви понад 10 – 11 м/с. Низькі концентрації характерні для м'яких погодних умов (слабкі вітри та особливо тумани). Наявність в об'єкті «Укриття» природних радіоактивних аерозолей дочірніх продуктів радону й торону практично не залежить від робіт з пилопригнічення й сили вітру. За результатами відбору аерозолей методом тришарових фільтрів і вимірювань близько 80 проб отримано, що в 67 % випадків медіанний аеродинамічний за активністю діаметр носіїв “чорнобильських” радіонуклідів знаходиться в діапазоні 1,7 – 8,5 мкм при середньому значенні 3,8 мкм, а дочірніх продуктів радону й торону – від 0,03 до 0,3 мкм при середньому значенні 0,15 мкм.

**DUST CREATION INSIDE THE «UKRYTTYA» OBJECT UNDER
THE INFLUENCE OF MAN-CAUSED AND NATURAL FACTORS**

B. I. Ogorodnikov, N. I. Pavlyuchenko, A. K. Budyka, V. A. Krasnov

Measurement results of volumetric activities and size distributions of radioactive aerosols in ventilation system “By-pass” and a number of rooms of the “Ukryttya” Object in 2003-2004 are presented. It is determined that during regulating operations of dust-suppression and tests of modernized dust-suppression system, the content of aerosols-carriers of Chernobyl genesis radionuclides, as a rule, was considerably increased. Using the data of “Chernobyl” meteorological station, it was shown that average speeds of wind more than 4-5 m/s and wind rushes higher than 10-11 m/s also lead to the increase of radioactive aerosols concentrations in “By-pass”. Low concentrations are associated with mild weather conditions (weak winds and fogs, especially). Approximating functions connecting radioactive aerosol concentrations and speed of winds were determined. Content of natural radioactive aerosols of daughter products of radon and thoron in “Ukryttya” Object does not depend from dust suppression works and environmental wind speeds. Under the results of aerosol selection by three-layer filter method and measurements of about 80 samples, it was determined that from 67% of cases the active median aerodynamic diameter (AMAD) of Chernobyl radionuclide carriers is within the range of 1.7-8.5 μm at average value of 3.8 μm , and daughter products of radon and thoron – from 0.03 to 0.3 μm at average value of 0.15 μm .