

## КОНТРОЛЬ НЕОРГАНИЗОВАННЫХ СБРОСОВ И ВЫБРОСОВ ИЗ ОБЪЕКТА «УКРЫТИЕ» В 2004 г.

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

*Институт проблем безопасности АЭС НАН Украины, Чернобыль*

Представлены результаты контроля неорганизованного выброса радиоактивных аэрозолей из объекта «Укрытие», загрязнения воздуха и грунтовых вод в локальной зоне, а также результаты контроля содержания  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{238+239+240}\text{Pu}$ ,  $^{241}\text{Am}$ ,  $^{244}\text{Cm}$ , массовой концентрации урана в основных скоплениях и потоках жидких радиоактивных отходов 4-го блока.

### Введение

Результаты систематического контроля неорганизованных выбросов из объекта «Укрытие», начатого в 1992 г. [1 - 10], остаются важным источником экспериментальных данных, необходимых как для оценки и повышения текущего уровня его безопасности, так и для работ по преобразованию объекта в экологически безопасную систему.

Пределы эксплуатации объекта «Укрытие» определяется параметрами, в том числе «характеризующими выход радиоактивных веществ и ионизирующих излучений за установленные границы». Перечень и значения этих параметров определены в [11, 12].

В работе представлены результаты контроля в 2004 г. в объекте «Укрытие» следующих параметров:

объемной активности воды в помещениях;

объемной активности грунтовых вод в северной части локальной зоны промплощадки;

верхнего предела выброса радиоактивных аэрозолей через технологические отверстия и неплотности легкой кровли;

объемной активности аэрозолей в воздушной среде локальной зоны.

### Экспериментальная часть

Ниже приводится краткое описание используемых методик и средств измерений для определения содержания  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{154,155}\text{Eu}$ , а также суммы изотопов  $^{238+239+240}\text{Pu}$  ( $\text{Pu}_\Sigma$ ) и других альфа-излучающих нуклидов в исследуемых пробах.

Плутоний и другие альфа-излучающие нуклиды определяли альфа-спектрометрическими измерениями после экстракционного и ионообменного выделений. Для определения химического выхода вносили метки  $^{242}\text{Pu}$  и  $^{243}\text{Am}$  с известной активностью. Измерения выполнялись на двух альфа-спектрометрических установках:

фирмы CANBERRA, включающей анализатор ALPHA ANALYST 7200-02, блок детектирования А-450-20-АМ;

восьмиканальном альфа-спектрометре фирмы EG&G ORTEC OСТЕТЕ РС.

Выделение  $^{90}\text{Sr}$  проводили экстракционно-хроматографическим методом. В качестве носителя использовали порошок фторопласта-4, импрегнированный раствором 0,4 моль/дм<sup>3</sup> эфира дициклогексил-18-краун-6 в хлороформе. Химический выход стронция составлял 94 %.

Для контроля точности результатов измерения активности  $^{90}\text{Sr}$  использовали методику, основанную на его соосаждении с носителем. Химический выход  $^{90}\text{Sr}$  при этом определяли по стабильному стронцию.

Измерения активности  $^{90}\text{Sr}$  выполнялись с помощью бета-радиометра РУБ-01П, в состав которого входят измерительное устройство УИ-38П1 в комплекте с блоком детектирования БДЖБ-06П1.

Гамма-спектрометрические анализы средне- и высокоактивных проб выполняли с помощью полупроводникового спектрометра, включающего детектор из сверхчистого германия GMX-30190-P-S фирмы OPTEC, анализатора WALKLAB фирмы SIENA и персонального компьютера Pentium 200PRO.

Объемную активность  $^{137}\text{Cs}$  в пробах грунтовой воды измеряли с помощью сцинтилляционного спектрометра, включающего блок детектирования БДЭГ-20P2 и анализатор импульсов LP-4900B.

Массовую концентрация урана определяли с помощью люминесцентного спектрометра с возбуждением от импульсного азотного лазера ИЛГИ-503, также концентрационного фотокolorиметра КФК-3.

## Результаты работы и их обсуждение

### 1. Результаты контроля объемной активности $^{90}\text{Sr}$ , $^{137}\text{Cs}$ , трансурановых элементов и концентрации урана в основных водных скоплениях блока Б и ВСРО

В результате взаимодействия воды, проникающей в объект «Укрытие», с конструкционными и топливосодержащими материалами (ТСМ) на нижних отметках объекта происходит накопление жидких радиоактивных отходов (ЖРО). Принято считать, что их утечка из объекта «Укрытие» происходит по двум основным направлениям – северному и юго-восточному [13]. При этом большая часть ЖРО, образовавшихся в северной части блока Б, аккумулируется в помещении 001/3 и далее через разделительную стену просачивается в помещения ВСРО 3-го блока.

Максимальная суммарная объемная активность  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в водном скоплении в помещении 001/3 на протяжении 2004 г. составила  $1,8 \cdot 10^{10}$  Бк/м<sup>3</sup> и была зафиксирована в августе – сентябре. Максимальная концентрация урана в сентябре достигла 28 г/м<sup>3</sup>, а  $\text{Pu}_{\Sigma}$  –  $1,4 \cdot 10^6$  Бк/м<sup>3</sup>. Радионуклидный и химический состав этого водного скопления формируется в результате поступления низкоактивных протечек со стороны каскадной стены и высокоактивных протечек из северной части бассейна-барботера. Процесс перетока из бассейна-барботера в помещение 001/3 в основном наблюдается летом и осенью, когда в объект «Укрытие» поступает вода из всех возможных источников (атмосферные осадки, конденсат, пылеподавляющие растворы). Как следствие этого, происходит повышение концентрации  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ , урана и трансурановых элементов (ТУЭ). В зимний период в помещение 001/3 поступают преимущественно протечки со стороны каскадной стены

Однако в последние полтора года наблюдается устойчивая тенденция к увеличению концентраций урана и  $^{90}\text{Sr}$  в северном потоке ЖРО через помещение 001/3 и к нарушению наблюдавшейся с 1996 г. цикличности сезонных колебаний соотношения потоков низко- и среднеактивных ЖРО (рис. 1).

Анализ результатов контроля интенсивности протечек из каскадной стены показал, что с начала 2001 г. до конца 2004 г. поток низкоактивных ЖРО снизился почти в два раза, тогда как поток среднеактивных ЖРО со стороны бассейна-барботера практически не изменился.

Очевидно, что главной причиной повышения концентраций урана и стронция в помещении 001/3 является уменьшение интенсивности протечек низкоактивных ЖРО со стороны каскадной стены. На рис. 2 видно, что количество атмосферных осадков в последние годы, хотя и менялось, но не могло быть причиной такого уменьшения интенсивности низкоактивных протечек. Следствием этого должно быть снижение утечки ЖРО объекта «Укрытие» в помещения 3-го блока ЧАЭС при сохранении общего количества поступающих радионуклидов и делящихся элементов из-за повышения их концентраций.

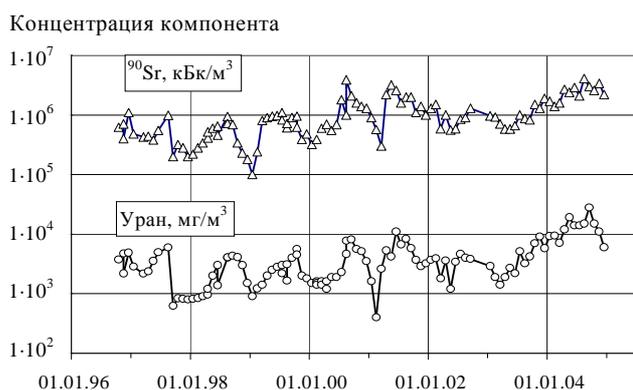


Рис. 1. Динамика концентраций урана и  $^{90}\text{Sr}$  в скоплении ЖРО в помещении 001/3.

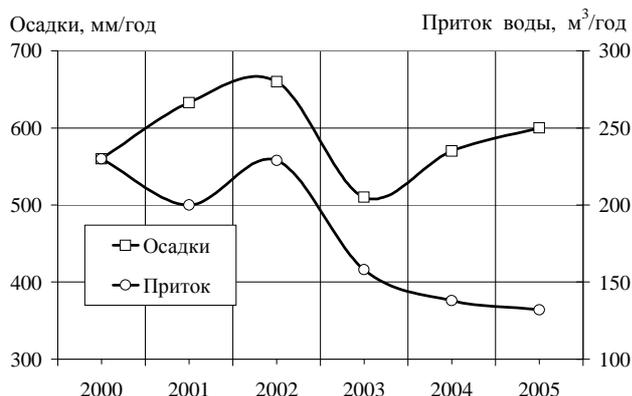


Рис. 2. Динамика атмосферных осадков и притока воды в помещение 001/3 со стороны каскадной стены.

В низкоактивных протечках со стороны каскадной стены, поступающих в помещение 01/3 и далее в помещение 001/3, суммарная объемная активность  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в 2004 г. изменялась в пределах  $7,3 \cdot 10^5 - 1,1 \cdot 10^7$  Бк/м<sup>3</sup>, а концентрация урана не превышала 0,04 г/м<sup>3</sup>.

В контролируемых помещениях бассейна-барботера (012/16-юг, 12/13-север, 012/7-юг и 012/7-север) максимальные концентрации в 2004 г. наблюдались в феврале в помещении 012/7-юг и составили: ( $^{137}\text{Cs} + ^{90}\text{Sr}$ ) –  $1,4 \cdot 10^{11}$  Бк/м<sup>3</sup>,  $\text{Pu}_{\Sigma}$  –  $5,7 \cdot 10^7$  Бк/м<sup>3</sup>; урана – 86 г/м<sup>3</sup>.

За последние полтора года в протечках, поступающих из парораспределительного коридора (ПРК) в бассейн-барботер, наблюдается значительное увеличение концентраций урана и  $^{90}\text{Sr}$ . При этом суммарная объемная активность  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  к концу 2004 г. достигла  $1,0 \cdot 10^{11}$  Бк/м<sup>3</sup>. Максимальная концентрация урана в протечках составила 110 г/м<sup>3</sup>, а плутония –  $1,6 \cdot 10^8$  Бк/м<sup>3</sup>. Для сравнения, за период с начала 2000 г. до второй половины 2003 г. максимальная объемная активность ( $^{137}\text{Cs} + ^{90}\text{Sr}$ ) в указанных протечках изменялась от  $1,5 \cdot 10^{10}$  до  $2,0 \cdot 10^{10}$  Бк/м<sup>3</sup>, а максимальная концентрация урана – от 4,3 до 11 г/м<sup>3</sup>. Причины такого повышения концентраций радионуклидов требуют изучения.

Протечки из пробуренных в помещение 305/2 скважин собираются в коллекторе, расположенном в помещении 207/4-5, и выводятся в южную часть помещения 012/8. И хотя последнее не имеет гидравлической связи с помещением 001/3 и удаление влаги здесь происходит за счет испарения, тем не менее наблюдения за этими протечками позволят характеризовать основной поток ЖРО через реакторное пространство и нижерасположенное помещение 305/2. Максимальная суммарная объемная активность в указанных протечках по изотопам  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в 2004 г. составила  $7,4 \cdot 10^{10}$  Бк/м<sup>3</sup>,  $\text{Pu}_{\Sigma}$  –  $7,3 \cdot 10^7$  Бк/м<sup>3</sup>, а максимальная концентрация урана – 68 г/м<sup>3</sup>.

Юго-восточный поток ЖРО по радионуклидному и химическому составу характеризуется пробами, отобранными из водных скоплений в помещениях 014/2 и 017/2 на отметке 0,00. Максимальная суммарная объемная активность ЖРО в этих помещениях по ( $^{137}\text{Cs} + ^{90}\text{Sr}$ ) в 2004 г. составила  $2,1 \cdot 10^9$  и  $7,2 \cdot 10^9$  Бк/м<sup>3</sup> соответственно, а концентрация урана не превысила 30 г/м<sup>3</sup>.

Среднеактивные ЖРО блока Б и ВСРО, перетекающие на 3-й блок, представляют серьезную опасность с точки зрения их откачки и последующей переработки по штатной технологии ЧАЭС (упаривание), поскольку не соответствуют целому ряду критериев приемки ЖРО в химический цех ЧАЭС, в том числе по содержанию альфа-излучателей [14].

В табл. 1 представлены результаты определения объемной активности  $^{241}\text{Am}$  и  $^{244}\text{Cm}$  в пробах ЖРО объекта «Укрытие».

Таблица 1. Объемная активность  $^{241}\text{Am}$  и  $^{244}\text{Cm}$  в пробах ЖРО объекта «Укрытие», МБк/м<sup>3</sup>

Дата отбора	Помещение							
	012/16-юг		01/3 (скважина из ПРК)		001/3		012/7-юг	
	$^{241}\text{Am}$	$^{244}\text{Cm}$	$^{241}\text{Am}$	$^{244}\text{Cm}$	$^{241}\text{Am}$	$^{244}\text{Cm}$	$^{241}\text{Am}$	$^{244}\text{Cm}$
10.02.04	18	0,78	19	0,74	н.о.	н.о.	21	1,1
09.03.04	11	0,31	н.о.	н.о.	1,7	0,085	17	0,74
06.04.04	23	1,1	24	0,95	4,8	0,23	13	0,54
10.05.04	14	0,68	7,1	0,21	6,1	0,27	20	0,95
01.06.04	12	0,63	63	2,7	6,2	0,31	12	0,63
05.07.04	14	0,71	27	1,2	6,5	0,32	21	0,89
03.08.04	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	5,8	0,29	н.о.	н.о.
06.09.04	н.о.	н.о.	39	1,7	11	0,55	н.о.	н.о.
04.10.04	14	0,69	130	6,4	11	0,51	34	1,8
01.12.04	13	0,63	240	9,4	5,4	0,22	24	0,98

Примечание: н.о. – не определялось.

Обобщение результатов контроля в 2004 г. проб воды из основных водных массивов помещений блока Б и ВСРО позволяет сделать вывод: основной вклад (до 80 %) в суммарную альфа-активность ЖРО объекта «Укрытие» вносит  $^{241}\text{Am}$ . Вклад изотопов плутония составляет менее 30 %.

## 2. Результаты контроля объемной активности радионуклидов и уровней грунтовых вод в северной части промплощадки объекта «Укрытие»

Для контроля загрязнения грунтовых вод ежемесячно проводился отбор и радиохимический анализ проб воды из скважин 1Г - 6Г, расположенных в северной части локальной зоны ниже по потоку относительно объекта «Укрытие». Кроме того, два раза в месяц измерялись уровни грунтовых вод (УГВ).

Скважины 1Г, 2Г и 4Г находятся в русле потока грунтовой воды, проходящего под помещением 001/3 объекта «Укрытие». В случае утечки ЖРО из помещения 001/3 концентрация  $^{90}\text{Sr}$ , а позднее и  $^{137}\text{Cs}$  в пробах, отобранных из этих скважин, должна возрасти.

Скважины 5Г и 6Г находятся вне потока грунтовой воды, проходящего под блоком ВСРО, поэтому предполагается, что на них не должны влиять утечки ЖРО из помещения 001/3.

Скважина 3Г находится вне потока грунтовых вод, но характеризуется самой большой скоростью подъема УГВ после выпадения обильных осадков и максимальной концентрацией  $^{90}\text{Sr}$ , что объясняется поступлением воды из подземных технологических коммуникаций, проходящих от здания ХЖТО [15].

Таким образом, факт утечки ЖРО можно констатировать только в случае резкого повышения концентрации  $^{90}\text{Sr}$  в ближайшей к объекту «Укрытие» скважине 4Г, а затем и в скважинах 1Г, 2Г при сохранении стабильной концентрации  $^{90}\text{Sr}$  в скважинах 5Г и 6Г. Одновременное возрастание концентраций стронция во всех скважинах или одновременное возрастание концентраций  $^{90}\text{Sr}$  и  $^{137}\text{Cs}$  не может являться доказательством утечки ЖРО из блока ВСРО.

Как видно из представленных на рис. 3 результатов, объемная активность  $^{90}\text{Sr}$  в скважине 4Г на протяжении 2004 г. дважды возрастала на порядок по сравнению с предыдущими годами. При этом концентрация  $^{137}\text{Cs}$  осталась на прежнем уровне. Тем не менее, характер динамики концентрации стронция на протяжении 2004 г. пока не позволяет утверждать, что происходит (или происходила, по крайней мере, ранее) утечка ЖРО из объекта «Укрытие» в гидрогеологическую среду и фронт распространения блочных вод достиг места расположения скважины 4Г.

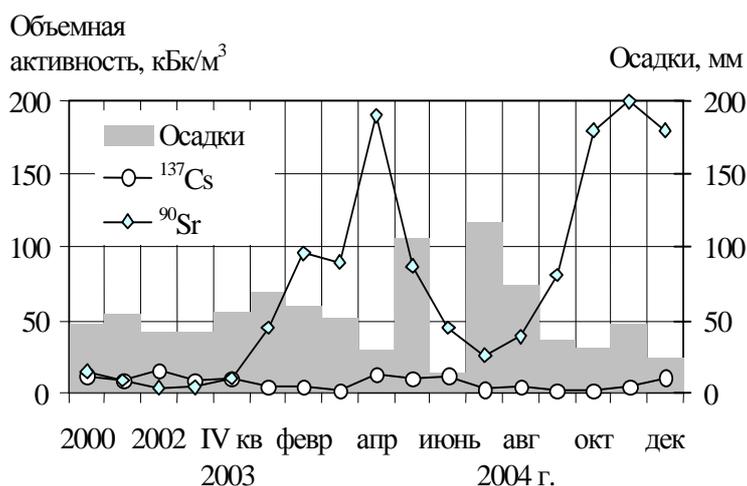


Рис. 3. Динамика концентраций  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в грунтовой воде из скважины 4Г.

Содержание радионуклидов в остальных наблюдаемых скважинах в течение 2004 г. не превышало контрольных концентраций для грунтовых вод в скважинах локальной зоны, а также ранее фиксированных максимальных значений.

Максимальная концентрация  $^{90}\text{Sr}$  наблюдалась в скважине 3Г в апреле и составила  $1400 \text{ кБк/м}^3$ , что не превышает установленного для этой скважины контрольного уровня ( $2200 \text{ кБк/м}^3$ ). Максимальная объемная активность  $^{137}\text{Cs}$  наблюдалась в скважине 1Г в апреле и составила  $27 \text{ кБк/м}^3$ , что значительно ниже контрольного уровня ( $480 \text{ кБк/м}^3$ ).

Средний УГВ в локальной зоне находился в пределах от 109,83 м (замер в феврале) до 110,58 м (замер в сентябре). Средний уровень в сентябре - максимальный с начала года. Однако он не превысил ранее зафиксированный максимум (110,61 м в июне 2001 г.) за все время наблюдений, начиная с 1998 г.

### 3. Контроль выброса радиоактивных аэрозолей через технологические отверстия и неплотности легкой кровли объекта «Укрытие»

Контроль количества (верхняя оценка) и состава радионуклидов в аэрозолях, выносимых через технологические отверстия и неплотности легкой кровли объекта «Укрытие», осуществлялся с помощью аккумулялирующих планшетов [7].

Суммарная площадь отверстий на верхних отметках объекта «Укрытие» при расчете интегрального выноса принималась равной  $120 \text{ м}^2$  [17].

За 2004 г. неорганизованный выброс бета- и альфа-активных аэрозолей через отверстия и проемы на верхних отметках объекта «Укрытие» составил 706 и 8,1 МБк соответственно (табл. 2).

Максимальная скорость выброса радиоактивных аэрозолей из объекта «Укрытие» в 2004 г. приходится на период экспозиции планшетов 27 октября – 23 ноября и составила по бета- и альфа-излучателям 5,63 и 0,07 МБк/сут соответственно. По сравнению с предыдущим периодом экспозиции (12 – 27 октября 2004 г.) скорость выброса увеличилась в пять раз, но осталась значительно ниже контрольного уровня ( $259 \text{ МБк/сут}$ ).

На скорость выброса с 27 октября по 23 ноября, вероятно повлияли сильные ветры, наблюдавшиеся 18 - 21 ноября, когда их порывы достигали 14 м/с. Влияние ветра на динамику выброса радионуклидов из объекта «Укрытие» доказано в работах [17, 18]. Кроме того, 28 октября и 17 – 19 ноября производились четыре пуска локализирующего раствора через коллектор № 2 модернизированной системы пылеподавления (МСПП) в южную и юго-западную зоны объекта «Укрытие». Это также могло способствовать повышению выброса радиоаэрозолей [19].

В аэрозолях выбросов через технологические люки легкой кровли среднеарифметическое в 2004 г. отношение активностей  $^{154}\text{Eu}/^{241}\text{Am} = 0,35 \pm 0,07$ , что характерно для базового состава топлива 4-го энергоблока [20]. В то же время отношения активностей  $^{137}\text{Cs}/^{154}\text{Eu} = 210 \pm 40$  и  $^{137}\text{Cs}/^{241}\text{Am} = 60 \pm 8$  свидетельствуют об обогащении аэрозолей цезием.

Таблица 2. Оценка выброса радиоактивных аэрозолей из объекта «Укрытие»

Экспозиция		Верхний предел величины аэрозольного выброса			
		альфа-излучатели*, МБк		бета-излучатели**, МБк	
Начало	Длительность, сут	За сутки	С начала года	За сутки	С начала года
25.12.03	48	0,03	1,1	2,39	98
11.02.04	20	0,05	2,1	5,3	204
02.03.04	36	0,01	2,6	1,36	253
07.04.04	29	0,03	3,6	2,59	328
06.05.04	26	0,015	4,0	1,273	361
01.06.04	35	0,012	4,4	1,057	398
06.07.04	27	0,004	4,5	0,322	407
03.08.04	35	0,014	5,0	1,224	449
07.09.04	19	0,015	5,3	1,254	473
26.09.04	4	0,02	5,4	1,78	480
30.09.04	12	0,009	5,5	0,88	491
12.10.04	15	0,015	5,7	1,121	507
27.10.04	27	0,07	7,6	5,63	659
23.11.04	28	0,01	7,9	1,07	689
21.12.04	10	0,02	<b>8,1</b>	1,67	<b>709</b>
<i>Среднее</i>		<i>0,022</i>		<i>1,90</i>	

\* Сумма альфа-излучателей включает изотопы  $^{240}\text{Pu} + ^{239}\text{Pu} + ^{238}\text{Pu} + ^{241}\text{Am}$

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

Для исследования дисперсного состава частиц в аэрозолях выбросов из объекта «Укрытие» использовали 4-каскадный импактор. Отбор проб производили в помещении 1001/2 на отметке 39,5 м, а также в помещении 4004/1 на срезе «Байпаса», через который воздух из центрального зала объекта «Укрытие» поступает в высотную трубу ВТ-2. При выборе «Байпаса» в качестве места отбора проб исходили из того, что через него проходит поток, сформированный в результате усреднения в бывшем центральном зале 4-го энергоблока ЧАЭС микро- и макропотоков, поступающих из многочисленных помещений и коридоров объекта «Укрытие», в том числе тех, где находятся ЛТСМ и остатки ядерного топлива. Поскольку аккумулярующие планшеты размещаются над центральным залом, то аэрозоли, выявленные при пробоотборе в «Байпасае», можно использовать для характеристики неорганизованных выбросов. Схема и описание «Байпаса» представлены в [18].

После отбора пробы на импактор каждый его каскад анализировали с помощью гамма-спектрометра. Далее аэрозольные частицы смывали с каскадов толуолом, промывали, сушили и наносили на двусторонний скотч для вакуумного напыления электропроводящего слоя и исследования в растровом электронном микроскопе РЭМ-100У. Применялся также микронзондовый рентгеновский анализ и отжиг проб в условиях высокого вакуума для удаления органического вещества. Это позволило установить, что частицы с размером меньше 1 мкм, которые оседали на последнем каскаде и на аналитическом фильтре АФА РСР-20, расположенном на выходе из импактора, имели, как правило, органическую природу.

Одновременно с работой импактора, в тех же местах отбирали пробы на пакеты трехслойных фильтров, изготовленные в НИФХИ им. Л. Я. Карпова (Москва). В них, как и при регламентном мониторинге аэрозолей в объект "Укрытие", используются аналитические фильтры АФА РМП-20 или АФА РСР-20, но перед ними для определения размеров аэрозольных частиц размещают два слоя волокнистого материала ФПА-70. Методические основы применения трехслойных пакетов фильтров изложены в [21]. Для прокачки воздуха использовали переносной аспиратор Н-810 (SAIC-RADeCO). Для обеспечения изокинетичности отбора аэрозолей из «Байпаса» перед пакетом фильтров устанавливали конусные

насадки различной длины и входного диаметра. Тем самым приближали скорость потока через пакет фильтров к средней скорости вентиляционного потока в «Байпаса».

В помещении 4004/1 воздухоудвку опускали внутрь по оси «Байпаса» на 30 – 40 см ниже среза его выходного цилиндрического воздуховода диаметром 1,4 м. Конусная насадка располагалась навстречу потоку. Продолжительность отбора составляла 1 – 2 ч, за которые отфильтровывали 6 – 12 м<sup>3</sup> воздуха. Результаты измерений и расчетов обобщены в табл. 3.

**Таблица 3. Характеристики радиоактивных аэрозолей – продуктов чернобыльской аварии и дочерних продуктов радона и торона (ДПР) в «Байпасае» за 2004 г.**

Дата	Концентрация, Бк/м <sup>3</sup>				<sup>137</sup> Cs Σβ	АМАД, мкм			σ			Условия отбора
	<sup>137</sup> Cs	Σβ	<sup>241</sup> Am	ДПР		<sup>137</sup> Cs	Σβ	ДПР	<sup>137</sup> Cs	Σβ	ДПР	
30.01	1,1	2,8	-	14	0,4	-	>8	0,23			3,8	
04.02	-	0,12	-	16	-		1,7	0,22		1,1	5,4	штиль
11.02	10	49	0,34	9,2	0,2	1,4	1,0	0,41	1,1	1,1	1,6	до СПП
11.02	49	160	1,1	5	0,3	2,7	2,3	-	1,5	1,3	-	при СПП
29.03	5,3	13	0,048	7,6	0,4	-	>8	0,2		-	4	
01.04	6,4	21	0,14	9,5	0,3		>8	0,24		-	6,4	ветрено
05.04	22	110	0,71	7,7	0,2	1,3	1,5	0,39	1,7	1,9	1,1	после ветра
07.04	1,2	6,5	0,015	9,5	0,2		>8	0,15		-	1,1	
08.04	2,7	13	0,06	17	0,2		>8	0,52		-	8,1	
19.05	0,63	1,5	0,71	25	0,4		2,0	0,11		1,6	3,5	
25.05	2,7	9,8	0,066	9,4	0,3		2,4	0,20		1,3	9,2	
26.05	2,0	7,5	0,044	3,0	0,3		1,6	0,08		2,0	8,8	ветрено
01.06	2,6	14	0,093	3,0	0,2		2,0	0,10		3,2	-	ветрено
03.06	1,1	2,5	-	7,0	0,4		5,2	0,10		2,1	4,8	
09.06	3,1	11	0,05	2,0	0,3		4,6	-		2,2	-	ветрено
10.06	1,1	2,9	-	6,0	0,4		1,6	0,20		2,7	3,1	ветрено
15.06	1,7	5,5	-	12	0,3		2,9	0,08		4,9	7,6	ветрено
16.06	9,2	29	1,2	3,0	0,3		3,3	0,15		1,5	2,8	при СПП
16.06	14	55	2,0	8,0	0,3		3,0	0,12		2,2	-	после СПП
17.06	0,87	1,8	-	5,0	0,5		2,7	0,21		2,9	1,6	
22.06	0,74	1,5	-	9,0	0,5		7,1	0,11		2,2	5,4	
24.06	0,94	1,7	-	8,0	0,6		>80	0,34		-	-	
15.09	0,60	1,0	-	15	0,6		-	0,06		-	-	при СПП
15.09	0,51	1,1	-	9,0	0,5		-	0,02		-	-	после СПП
18.09	7,0	21	0,15	17	0,3		>8	0,13		1,6	4,2	
26.09	0,45	0,63	-	6,0	0,7		7,9	0,10		1,7	7,4	
27.09	0,80	1,9	-	30	0,4		2,4	0,20		1,3	4,1	до МСПП
27.09	3,0	6,2	-	27	0,5		6,7	0,09		1,9	5,4	при МСПП
27.09	1,6	3,7	0,029	26	0,4		2,2	0,22		1,6	1,7	после МСПП
28.09	3,7	8,1	-	8,0	0,5	2,3	3,3	0,24	2,4	2,4	5,4	до МСПП
28.09	3,5	5,8	-	8,0	0,6	2,1	4,2	0,07	2,8	2,1	-	при МСПП
29.09	1,2	1,9	-	11	0,6		1,6	0,09		1,4	6,9	до МСПП
29.09	8,1	16	0,075	22	0,5		1,3	0,09		1,8	5,6	при МСПП
01.10	0,8	1,8	-	21	0,5		1,2	0,11		1,1	4,8	штиль
02.10	3,4	5,9	-	-	0,6		-	-	-	-	-	
03.10	>2	5,0	-	11	0,4		4,0	0,05		2,7	-	
05.10	0,58	1,8	0,008	7	0,3		2,8	0,12		2,1	6,3	

Дата	Концентрация, Бк/м <sup>3</sup>				<sup>137</sup> Cs Σβ	АМАД, мкм			σ			Условия отбора
	<sup>137</sup> Cs	Σβ	<sup>241</sup> Am	ДПР		<sup>137</sup> Cs	Σβ	ДПР	<sup>137</sup> Cs	Σβ	ДПР	
06.10	6,7	14	-	12	0,5		1,2	0,06		2,7	8,4	до МСПП
06.10	1,2	4,3	0,022	9	0,3		2,3	0,06		1,3	5,0	при МСПП
07.10	1,1	4,6	0,017	12	0,2		1,9	0,12		2,2	5,1	ветрено
08.10	21	92	0,73	20	0,2		>8	0,24		-	2,2	до СПП
08.10	8,4	32	-	20	0,3		3,1	0,21		1,7	1,2	при СПП
09.10	0,63	1,7	-	10	0,4		5,5	0,15		-	3,4	штиль
10.10	0,35	0,45	-	10	0,7		>8	0,20		-	4,4	штиль
11.10	15	64	0,30	50	0,2		2,0	0,21		1,7	7,1	ветрено
12.10	3,1	15	0,071	10	0,2		>8	0,29		1,9	5,3	после ветра
13.10	0,72	2,5	-	13	0,3		0,42	0,71		1,3	5,5	штиль
14.10	1,6	2,4	-	13	0,6		2,6	0,16		1,3	4,9	штиль
15.10	0,22	0,91	-	12	0,2		2,6	0,09		1,6	-	штиль
20.10	0,75	1,0	-	-	0,7		>8			2,6		до МСПП
20.10	0,96	1,5	-	-	0,7		1,7			1,2		при МСПП
22.10	0,82	1,1	-	-	0,7		1,9			1,6		до МСПП
22.10	0,83	2,3	-	-	0,4							при МСПП
26.10	1,6	3,5	-	-	0,5		3,9			2,0		до МСПП
26.10	8,1	26	0,17	-	0,3	4,1	4,2		1,7	1,4		при МСПП
28.10	0,65	1,1	-	-	0,6							до МСПП
28.10	7,1	14	0,03	-	0,5							при МСПП
16.11	9,8	37	0,20	7,0	0,3		>8	0,31		1,2	4,3	
17.11	11	53	0,31	5,0	0,2		5,4			1,2		до МСПП
17.11	3,4	7,6	-	5,0	0,4		2,0	0,84		1,7	15	при МСПП
18.11	5,5	19	0,10	3,0	0,3		3,0	0,07		1,3	9,9	до МСПП
18.11	18	64	-	8,0	0,3	4,1	3,5	0,03	2,1	1,8	17	при МСПП
19.11	1,3	3,0	-	5,0	0,4		2,3	0,22		2,1	6,5	до МСПП
19.11	1,7	7,9	0,06	10	0,2		>8	0,25		2,9	2,4	при МСПП
22.11	3,1	3,6		6,0	0,9		4,2	0,10		2,0	11	штиль
23.11	14	45	0,25		0,3		4,9			1,3		
24.11	2,8	7,5	0,05	7,0	0,4		>8	0,25		1,8	1,9	
25.11	2,2	5,6		7,0	0,4		2,7	0,41		1,6	9,4	штиль
30.11	1,4	2,6		9,0	0,5		4,6	0,25		1,8	1,6	штиль
01.12	1,7	3,5		7,0	0,5		2,4	0,23		1,1	6,2	штиль

Наиболее часто объемные суммарные активности долгоживущих бета-излучающих нуклидов находились в диапазоне 1 – 10 Бк/м<sup>3</sup>. Концентрации свыше 10 Бк/м<sup>3</sup>, как правило, приходились на сеансы пылеподавления и периоды сильных ветров. Лишь в четырех из 70 результатов, представленных в табл. 3, концентрации аэрозолей по сумме долгоживущих бета-излучающих нуклидов были ниже 1 Бк/м<sup>3</sup>. Причем в каждом из этих четырех случаев наблюдалась безветренная погода, а 4 февраля еще и с густым туманом. Таким образом, ветер во внешней среде являлся одним из существенных факторов, влиявших на концентрацию аэрозолей, поступавших в «Байпас».

В одном случае при проведении сеанса пылеподавления 11 февраля концентрация аэрозолей суммы долгоживущих бета-излучающих нуклидов была лишь в два раза ниже контрольной (370 Бк/м<sup>3</sup>), установленной для выбросов аэрозолей через «Байпас».

Дисперсный состав аэрозолей-носителей бета-излучающих нуклидов чернобыльского генезиса был определен более чем в 40 пробах. В пяти из них были определены носители <sup>137</sup>Cs, которые были те же самые, как для смеси бета-излучающих нуклидов. Во всех случаях

АМАД превышал 1 мкм. В девяти пробах аэрозоли были очень крупные (с АМАД более 8 мкм). Причем грубодисперсные аэрозоли наблюдались как при сильных ветрах, так и в штилевую погоду. В процессе проведения испытаний МСПП крупные частицы-носители продуктов чернобыльской аварии были зарегистрированы как за 2 - 3 ч до пуска пылеподавляющего раствора, так и в процессе распыления жидкости через форсунки.

Наиболее часто в «Байпас» поступали аэрозоли с АМАД 2 - 4 мкм. Такой состав носителей радионуклидов-продуктов чернобыльской аварии характерен и для других мест выброса неорганизованных воздушных потоков из объекта «Укрытие» [22].

#### **4. Контроль объемной активности и состава радионуклидов в аэрозолях приземного слоя воздуха на территории локальной зоны объекта «Укрытие»**

В 2004 г. выполнялся контроль загрязнения приземного слоя воздуха локальной зоны объекта «Укрытие» при помощи трех аспирационных установок, расположенных по ее периметру. Максимальный уровень загрязнения воздуха наблюдался в период экспозиции фильтров 17 декабря 2003 г. – 12 января 2004 г. с южной стороны и составил  $4,5 \cdot 10^{-2}$  Бк/м<sup>3</sup> по сумме бета-излучателей. Причем по сравнению с первой половиной декабря суммарная концентрация бета-излучателей в северной части локальной зоны возросла в пять раз, в северо-западной части – в два раза, а в южной части – в семь раз, хотя и осталась значительно ниже контрольной концентрации [12]. Причиной максимального уровня загрязнения воздуха стал выброс радиоаэрозолей из объекта «Укрытие», образовавшихся при испытаниях МСПП [19]. Преобладавшие в эти дни северные ветры привели к повышенным уровням загрязнения воздуха с южной стороны объекта «Укрытие».

Можно выделить еще период 09 - 23 ноября, когда средняя концентрация бета-излучателей по сравнению с предшествующим периодом (27 октября - 09 ноября) в северной части локальной зоны возросла в четыре раза, в северо-западной части - в два раза, а в южной части - в 10 раз. Наиболее вероятной причиной повышения загрязнения воздуха в локальной зоне стали испытания МСПП в период 17 - 19 ноября. Однако из-за сильных ветров в дни испытаний ранее зафиксированный максимальный уровень загрязнения воздуха в 2004 г. не был превышен.

#### **Выводы**

Результаты контроля неорганизованных протечек ЖРО объекта «Укрытие» в 2004 г. показали, что определяемые параметры не превышали установленных пределов. Причиной повышения концентрации в феврале в помещении 012/7-юг ( $^{137}\text{Cs} + ^{90}\text{Sr}$ ) до  $1,4 \cdot 10^{11}$  Бк/м<sup>3</sup>,  $\text{Pu}_{\Sigma}$  до  $5,7 \cdot 10^7$  Бк/м<sup>3</sup>, урана до 86 г/м<sup>3</sup> стало уменьшение объемов воды вследствие испарения влаги.

В последние полтора года наблюдается тенденция к увеличению концентраций урана и  $^{90}\text{Sr}$  в водном скоплении в помещении 001/3 блока ВСРО. Ее причина связана с уменьшением интенсивности протечек низкоактивных ЖРО со стороны каскадной стены.

ЖРО блока Б и ВСРО, перетекающие на 3-й блок, вызывают озабоченность с точки зрения их откачки и последующей переработки по штатной технологии ЧАЭС (упаривание), поскольку не соответствуют ряду критериев химического цеха ЧАЭС, в том числе по содержанию альфа-излучателей.

Основной вклад (до 80 %) в суммарную альфа-активность ЖРО объекта «Укрытие» вносит  $^{241}\text{Am}$ , вклад изотопов плутония составляет не более 30 %.

Содержание  $^{90}\text{Sr}$  в скважине 4Г на протяжении 2004 г. дважды возрастало на порядок величины по сравнению с предыдущими годами. При этом концентрация  $^{137}\text{Cs}$  осталась на прежнем уровне. Характер динамики концентрации стронция на протяжении 2004 г. пока не позволяет утверждать, что происходит (или происходила, по крайней мере, ранее) утечка ЖРО из объекта «Укрытие» в гидрогеологическую среду и фронт распространения блочных вод достиг места расположения скважины 4Г. Содержание радионуклидов в скважинах 1Г -

3Г, 5Г, 6Г в течение 2004 г. не превышало контрольных концентраций, установленных для грунтовых вод локальной зоны.

Средний УГВ в локальной зоне находился в пределах от 109,83 м (в феврале) до 110,58 м (в сентябре). Средний уровень за сентябрь - максимальный в году. Однако он не превысил ранее зафиксированный максимум (110,61 м в июне 2001 г.) за период наблюдений, начиная с 1998 г.

За 2004 г. неорганизованный выброс бета- и альфа-активных аэрозолей через отверстия и проемы на верхних отметках объекта «Укрытие» составил 706 и 8,1 МБк соответственно.

Максимальная скорость выброса радиоактивных аэрозолей из объекта «Укрытие» в 2004 г. пришлось на период экспозиции планшетов 27 октября - 23 ноября и составила по бета- и альфа-излучателям 5,63 и 0,07 МБк/сут соответственно. Наиболее вероятной причиной этого повышенного выброса радионуклидов стали испытания модернизированной системы пылеподавления в условиях неблагоприятной метеобстановки.

В 2004 г. концентрации аэрозолей-носителей суммы бета-излучающих нуклидов чернобыльского генезиса, выбрасываемых через «Байпас», в большинстве случаев находились в диапазоне 1 - 10 Бк/м<sup>3</sup>. Для этих радиоаэрозолей характерен широкий диапазон размеров. Однако наиболее часто из центрального зала в «Байпас» поступали частицы с АМАД 2 - 4 мкм.

Анализ проб, отобранных с помощью импактора, показал, что частицы с размером меньше 1 мкм имели, как правило, органическую природу.

Максимальные уровни загрязнения воздуха в локальной зоне в 2004 г. наблюдались в первой половине января с южной стороны объекта «Укрытие» и составили  $4,5 \cdot 10^{-2}$  Бк/м<sup>3</sup> по сумме альфа- и бета-излучателей, что значительно ниже установленной контрольной концентрации.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Результаты работ, проведенных в отделе радиационного мониторинга МНТЦ «Укрытие» в 1993 г.:* (Отчет) / МНТЦ «Укрытие» НАН Украины. - Инв. 09-05/33. - Чернобыль, 1993. - 204 с.
2. *Результаты работ, проведенных в отделе радиационного мониторинга МНТЦ «Укрытие» в 1994 г.:* (Отчет) / МНТЦ «Укрытие» НАН Украины. - Инв. 09-13/72. - Чернобыль, 1994. - 150 с.
3. *Исследовательско-диагностические работы на ОУ по обеспечению исходными данными для корректировки «Технологического регламента...»:* (Отчет) / МНТЦ «Укрытие» НАН Украины. - Инв. 09/13-39. - Чернобыль, 1995. - 64 с.
4. *Исследовательско-диагностические работы на ОУ по обеспечению исходными данными для корректировки «Технологического регламента...»:* (Отчет) / МНТЦ «Укрытие» НАН Украины. - Инв. 09/15-68. - Чернобыль, 1996. - 80 с.
5. *Исследовательско-диагностические работы на объекте «Укрытие» по обеспечению корректировки «Технологического регламента объекта «Укрытие» реактора № 4 Чернобыльской АЭС»:* (Отчет) / МНТЦ «Укрытие» НАН Украины. - № ГР 0195U018986. - Учетн. № 0898U000443 УкрИНТИ. - Чернобыль, 1997. 61 с.
6. *Выполнение работ по анализу неорганизованных выбросов из объекта «Укрытие»:* (Отчет) / МНТЦ «Укрытие» НАН Украины. № ГР 0198U007454. Учетн. № 0399U002202 УкрИНТИ. - Чернобыль, 1998. - 67 с.
7. *Выполнение работ по анализу неорганизованных выбросов из объекта «Укрытие»:* (Отчет) / «Укрытие» НАН Украины. - № ГР 0199U004139. - Учетн. № 0301U000233 УкрИНТИ. - Чернобыль, 1999. - 57 с.
8. *Выполнение работ по анализу неорганизованных выбросов из объекта «Укрытие»:* (Отчет) / МНТЦ «Укрытие» НАН Украины. - № ГР 0100U004161. - Учетн. № 0301U000238 УкрИНТИ. - Чернобыль, 2000. - 75 с.
9. *Контроль неорганизованных выбросов из объекта «Укрытие»:* (Отчет) / МНТЦ «Укрытие» НАН Украины. - № ГР 0100U003128. - Учетн. № 0302U001342 УкрИНТИ. - Чернобыль, 2001. - 68 с.

10. *Контроль* неорганизованных выбросов из объекта «Укрытие»: (Отчет) / МНТЦ «Укрытие» НАН Украины. - № ГР 0102V006316. - Учетн. № 0302U001342 УкрИНТИ. - Чернобыль, 2002. - 55 с.
11. *Технологический* регламент объекта «Укрытие» реактора № 4 Чернобыльской АЭС. 1Р-ОУ. - Инв. № 343 (архив ПТО ПО ЧАЭС). - Инв. №17 (архив Объекта "Укрытие").
12. *Контрольные* уровни радиационной безопасности на объекте «Укрытие» (КУРБ-ОУ-2002). - Инв. № 36 (архив Объекта "Укрытие").
13. *Креницын А.П., Корнеев А.А., Стрихарь О.Л., Щербин В.Н.* О механизме формирования жидких радиоактивных отходов в помещениях блока Б и ВСРО // Проблемы Чернобиля. – 2002. – Вып. 9. – С. 98 – 104.
14. *План* характеризации воды ОУ. Аналитическая программа. Процедуры. Перечень материалов // Отчет НУТЕКО по заданию 13 NUTESCO-02-13-001. План осуществления мероприятий. Фаза 2. - Славутич, 2002
15. *Панасюк Н.И., Алферов А.М., Гула В.А* и др. Проведение гидроэкологического мониторинга в районе объекта «Укрытие»: (Отчет) / МНТЦ «Укрытие» НАН Украины - Рег. № 0100U002307 - Чернобыль 2000.
16. *Панасюк Н.И., Павлюченко Н.И., Правдивый А.А. и др.* Современное распределение радиоактивных веществ геологической среде локальной зоны объекта «Укрытие» // Проблемы Чернобиля. – 2000. – Вып.6 – С. 160 – 168.
17. *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.
18. *Огородников Б.И., Павлюченко Н.И., Пазухин Э.М.* Радиоактивные аэрозоли объекта «Укрытие» (обзор). Часть 2.1. Концентрация радиоактивных аэрозолей внутри объекта «Укрытие». – Чернобыль. 2003. – 56 с. – (Препр. / НАН Украины. МНТЦ «Укрытие»; 03-1).
19. *Краснов В.А., Креницын 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.
20. *Состояние* ядерной, радиационной и экологической безопасности объекта «Укрытие»: (Отчет) / Институт высоких технологий экспериментального машиностроения РНЦ «Курчатовский институт». – М., 1995.
21. *Огородников Б.И., Скитович В.И., Будыка А.К.* Дисперсный состав искусственных радиоактивных аэрозолей в 30 км зоне ЧАЭС в 1986 – 1996 гг. // Радиационная биология. Радиэкология. - 1998. - Т. 38, вып. 6. – С. 889 - 892.
22. *Огородников Б.И., Сухоручкин А.К., Будыка А.К. и др.* Радиоактивные аэрозоли объекта «Укрытие» (обзор). Часть 3. Дисперсность радиоактивных аэрозолей. – Чернобыль, 2004. – 60 с. – (Препр. / НАН Украины. Институт проблем безопасности АЭС; 04-4).

Поступила в редакцию 25.01.05,  
после доработки – 22.02.05.

**3 1 КОНТРОЛЬ НЕОРГАНИЗОВАНИХ ВИКИДІВ З ОБ'ЄКТА «УКРИТТЯ»**

**М. І. Павлюченко, В. Е. Хан, О. П. Криницин, П. М. Дубенко, Б. І. Огородников,  
О. О. Одинцов, О. К. Калиновський, В. Б. Рибалка, В. О. Краснов**

Наведено результати контролю неорганізованого викиду радіоактивних аерозолів з об'єкта «Укриття», забрудненості повітря й ґрунтових вод у локальній зоні, а також результати контролю концентрацій радіонуклідів та урану в основних водних скупченнях і потоках рідких радіоактивних відходів 4-го блока.

**3 1 CONTROL OF UNORGANIZED RELEASES FROM “UKRYTTYA” OBJEKT**

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

The results of control of unorganized radioactive aerosol releases from “Ukryttya” object, air and ground waters contamination in local zone are shown, as well as the results of control of radionuclide and uranium concentration in basic aqueous clusters and liquid radwaste flows of Unit 4 are submitted.