

## АЭРОЗОЛЬНАЯ ОБСТАНОВКА ПРИ ЗАМЕНЕ В СКВАЖИНЕ 3.10.Г ОБЪЕКТА «УКРЫТИЕ» БЛОКА ДЕТЕКТИРОВАНИЯ СОСТОЯНИЯ ТОПЛИВОСОДЕРЖАЩИХ МАТЕРИАЛОВ В НОЯБРЕ 2004 г.

Б. И. Огородников<sup>1</sup>, М. И. Звеницкий<sup>2</sup>, В. Н. Дубас<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Институт проблем безопасности АЭС НАН Украины, Чернобыль,  
<sup>2</sup>ГСП «Чернобыльская АЭС», Славутич

Представлены результаты наблюдений за концентрациями и дисперсным составом радиоактивных аэрозолей в помещении 207/4 объекта «Укрытие» в ноябре 2004 г. при замене блока датчиков контроля состояния топливосодержащих материалов в скважине 3.10.Г. Зарегистрировано кратковременное увеличение на три порядка величины концентрации аэрозолей β-излучающих радионуклидов-продуктов чернобыльской аварии. Обнаружен дефицит радиоцезия по сравнению с расчетом для ядерного топлива на момент аварии. Осадок на фильтре имел интенсивную рыжую окраску.

При исследовании нейтронно-физических характеристик топливосодержащих материалов (ТСМ), находящихся в объекте «Укрытие», используют датчики нейтронных потоков, мощности экспозиционной дозы γ-излучения, температуры, относительной влажности и др. Ими оснащены несколько скважин, пройденных из различных помещений. В конце ноября 2004 г. сотрудники ИПБ АЭС НАН Украины проводили регламентные работы по замене блока детектирования в скважине 3.10.Г. Эта скважина диаметром 172 мм проходит из помещения 207/4 с высотной отметки +10 м через помещения 302/3 и 303/3 в 304/3 (рис. 1), где находится крупное скопление ТСМ [1]. Как следует из публикации [2], резкое увеличение потока нейтронов наблюдается после 12 м скважины, т.е. после западной стены помещения 304/3. В условиях эксплуатации датчик располагается на поверхности ТСМ примерно в 16 м от устья скважины [3].

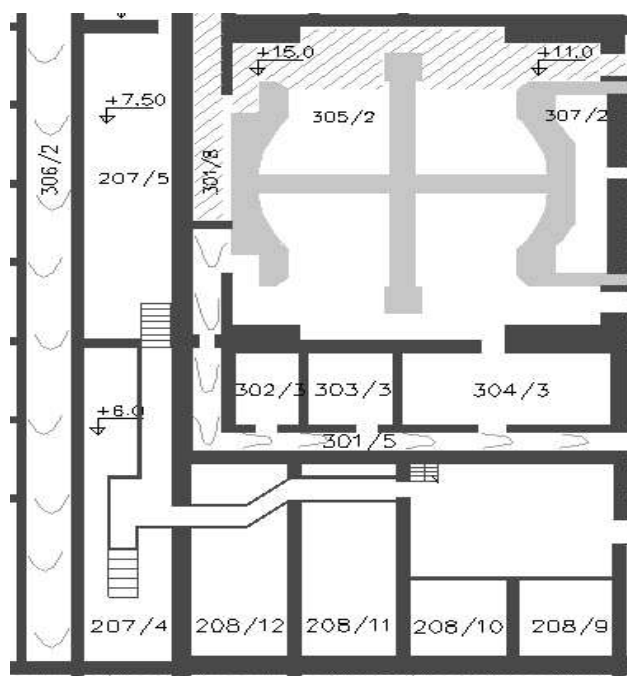


Рис. 1. План помещений на высотной отметке +9 м объекта «Укрытие»  
(коридор 206/2 расположен на отметке +6 м под коридором 306/2).

Скважина 3.10.Г была вскрыта 23 ноября 2004 г. между 11 и 12 ч. Из нее были извлечены блок детектирования, кабели, монтажные штанги. На следующий день специалисты

цеха технологического контроля объекта «Укрытие» (ЦТК ОУ) с 10 ч утра расчистили скважину и с помощью калибра провели рекогносцировку ее проходимости. Поскольку обвалов и иных помех в скважине не обнаружили, то бригада сотрудников ИПБ АЭС начала установку датчиков в скважине. Однако на расстоянии 10,3 м встретилось препятствие, и сборку пришлось вытащить. В 12 ч монтажные работы отложили на 1 сут. Повторная попытка установить аппаратуру в скважине, предпринятая 25 ноября около 11 ч утра, вновь оказалась неудачной. Работу прекратили через 20 мин.

Выполнение работ в помещении 207/4 сопровождалось регламентными и специальными наблюдениями за радиационной обстановкой. В соответствии с нормативным документом [4] для помещения 207/4, а также смежного 207/5 и коридора 206/2 контрольные концентрации радиоактивных аэрозолей не регламентируются. Однако пробы радиоактивных аэрозолей в них отбирают каждое утро, кроме выходных дней. Для этого используют воздуходувки Н-810 и аналитические фильтры АФА РСП-20. Прокачивают 5 м<sup>3</sup> воздуха примерно за 20 мин. Затем в лаборатории объекта «Укрытие» состав и концентрации радиоактивных аэрозолей определяют с помощью радиометров КРК-1, УДЗА 09П, спектрометров  $\gamma$ - и  $\beta$ -излучений. Погрешность определения активности радионуклидов не превышала 30 %. В двух пробах, отобранных 24 ноября в помещении 207/4, дополнительно были определены концентрации дочерних продуктов радона и торона, а также дисперсный состав аэрозолей-носителей искусственных и естественных радионуклидов. Для этого использовали пакеты трехслойных фильтров, изготовленные в НИФХИ им. Л. Я. Карпова (Москва). Методические основы их применения изложены в [5].

23 и 25 ноября пробы аэрозолей были отобраны перед началом монтажных работ. Как видно из табл. 1, объемные активности суммы  $\beta$ -излучающих нуклидов-продуктов чернобыльской аварии в помещении 207/4 и коридоре 206/2 были несколько ниже, а в помещении 207/5 – немного выше 1 Бк/м<sup>3</sup>. Такие концентрации характерны для этих помещений, когда нет работ с интенсивным пылеобразованием. В качестве примера можно привести данные декабря 2000 г, когда выводили из эксплуатации 3-й энергоблок ЧАЭС [6], и результаты лета 2004 г. (табл. 2).

**Таблица 1. Концентрации (Бк/м<sup>3</sup>) смеси долгоживущих  $\beta$ -излучающих радионуклидов в помещениях объекта «Укрытие» в ноябре 2004 г.**

Помещение	Н о я б р ь															
	8	9	10	11	15	16	17	18	19	22	23	24	25	26	29	30
206/2	0,53	0,19	1,0	0,18	0,41	2,3	0,24	0,86	0,21	0,41	0,31	294	0,38	1,6	0,41	0,26
207/4	0,43	0,41	0,33	0,13	1,7	0,21	0,38	0,53	0,74	0,26	0,41	140 и 6,6	7,4	0,74	1,7	2,1
207/5	0,74	4,0	0,23	0,41	7,5	0,15	4,7	0,28	5,3	0,64	3,7	37	1,9	6,2	0,64	0,41

**Таблица 2. Концентрации (Бк/м<sup>3</sup>) смеси долгоживущих  $\beta$ -излучающих радионуклидов в помещениях объекта «Укрытие» летом 2004 г.**

Помещение	И ю л ь											А в г у с т						
	5	6	7	8	9	12	13	14	15	16	19	9	10	11	12	13	16	17
206/2	0,14	1,0	0,28	0,41	1,2	0,37	0,13	0,75	0,08	1,1	0,32	0,74	0,3	0,4	0,3	0,1	0,1	0,6
207/4	0,37	0,74	0,57	0,31	1,3	3,8	0,77	0,61	0,31	11,0	0,66	0,55	0,2	6,0	10	0,3	1,2	1,6
207/5	0,65	0,33	0,41	0,28	0,8	3,5	4,5	0,08	0,33	1,2	1,0	0,44	0,3	3,2	1,7	0,2	0,4	0,66

Значительное увеличение концентрации радиоактивных аэрозолей произошло 24 ноября. В этот день первая проба была взята в помещении 207/4 с 09 ч 50 мин до 10 ч 14 мин.

После этого начали одновременный пробоотбор аэрозолей из помещения 207/5 и коридора 206/2. Еще одну пробу из помещения 207/4 отобрали с 11 ч 08 мин до 11 ч 35 мин.

Как следует из табл. 1, во всех пробах концентрации суммы  $\beta$ -излучающих радионуклидов-продуктов чернобыльской аварии возросли во много раз по сравнению с данными, представленными в табл. 2 и публикации [6]. Резкий подъем содержания радиоактивных аэрозолей зарегистрирован в зоне монтажных работ около устья скважины 3.10.Г. Хотя здесь первый пробоотбор был начат за 10 мин до появления персонала ЦТК ОУ и продолжался в условиях работ с пылеобразованием лишь 14 мин, средняя концентрация за время пробоотбора возросла по сравнению с предыдущими днями на три порядка величины и составила  $140 \text{ Бк/м}^3$ . Фильтр имел интенсивную рыжую окраску, что уже отмечалось для ряда проб из помещения 207/5 [6].

Существенное увеличение концентрации долгоживущих  $\beta$ -излучающих радионуклидов было зарегистрировано вслед за этим в коридоре 206/2 и помещении 207/5 - около  $300$  и  $40 \text{ Бк/м}^3$  соответственно. Ясно, что в какой-то момент сюда поступили аэрозоли из помещения 207/4. Причем, судя по концентрациям, вынос в коридор происходил более интенсивно, чем в помещение 207/5, хотя последнее отделено от помещения 207/4 невысокой перегородкой и не на всю ширину. Очевидно, вынос аэрозолей был непродолжительный, поскольку замеры, проведенные около 11 ч, показали, что в дверных проемах воздушные потоки из коридора 206/2 были направлены в помещения 207/5 и 207/4, а из последнего – в помещения 208 и 210. Таким образом, благодаря общему направлению воздухопотоков из блока Г в блок Б объекта «Укрытие», радиоактивные аэрозоли из помещения 207/4 не попали в помещения постоянного и периодического пребывания персонала, расположенные в блоке Г. Напомним, что для них установлены следующие контрольные концентрации смеси  $\beta$ -излучающих радионуклидов:  $3,0$  и  $8,9 \text{ Бк/м}^3$  соответственно [4].

Во второй пробе, отобранной 24 ноября в помещении 207/4, концентрация  $\beta$ -излучающих радионуклидов оказались намного ниже, чем в первой, и лишь на порядок величины превышала «фоновые» значения. Причины: во-первых, несомненно, что начальные операции по прочистке скважины были «пылеобильнее», чем последующие по монтажу и продвижению блока датчиков; во-вторых, вынос аэрозолей воздушными потоками; в-третьих, гравитационное осаждение грубодисперсных пылевых частиц. Последнее уже отмечалось в помещении 207/4 при бурении скважин в 1988 – 1989 гг. [7] и при резке платформы бурового станка в помещении 208/11 в мае 1989 г. [8, 9]. Добавим, что об изменении аэрозольной обстановки в процессе работ около скважины 3.10.Г свидетельствовал и характер осадка, накопленного при отборе второй пробы: он был менее плотный и светло-серого цвета.

В пробах, отобранных 24 ноября в помещении 207/4, были определены еще аэрозоли дочерних продуктов радона и торона. В отличие от аэрозолей-носителей продуктов чернобыльской аварии их концентрации в обеих пробах практически совпали ( $\sim 30 \text{ Бк/м}^3$ ). Этого следовало ожидать, поскольку генезис аэрозолей дочерних продуктов радона и торона не связан с пылеобразованием при работах в скважине 3.10.Г и помещении 207/4. Такая же ситуация отмечалась ранее при исследованиях, выполненных в смежном помещении 207/5 [6].

При  $\gamma$ -спектрометрии пробы № 1 из помещения 207/4 был обнаружен дефицит радиоцезия. Это следовало из полученных отношений:  $^{137}\text{Cs}/^{241}\text{Am} = 15$  и  $^{137}\text{Cs}/^{154}\text{Eu} = 64$ , поскольку расчетные значения для ядерного топлива (на ноябрь 2004 г.) равны соответственно 48 и 123 [10].

Обеднение аэрозолей  $^{137}\text{Cs}$  было установлено также при измерении проб на  $\beta$ -спектрометре СЕБ-1 [11]. Из табл. 3 следует, что проба № 1 из помещения 207/4 и пробы из помещения 207/5 и коридора 206/2 имели существенно меньшие отношения  $^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}$ , чем следовало из расчета для ядерного топлива [10].

Необходимо отметить, что утром 24 ноября были взяты еще аэрозольные пробы в помещениях Г260/4, Г262 и Г264, расположенных в деаэрационной этажерке (блок Г) и связанных с помещением 207/4 прямым коридором длиной около 80 м. Как следует из табл. 3,

Таблица 3. Результаты  $\beta$ -спектрометрии проб аэрозолей, отобранных 24 ноября 2004 г.

Место пробоотбора	Концентрация, Бк/м <sup>3</sup>		<sup>137</sup> Cs/ <sup>90</sup> Sr
	<sup>137</sup> Cs	<sup>90</sup> Sr	
206/2	120	170	0,71
207/5	6,9	8,7	0,79
207/4 (проба 1)	25,3	43,8	0,58
207/4 (проба 2)	3,0	1,6	1,88
Г260/4	0,36	0,22	1,64
Г262	2,3	2,1	1,10
Г264	2,1	1,2	1,75
Ядерное топливо	–	–	1,17

концентрации радиоактивных аэрозолей и соотношения <sup>137</sup>Cs/<sup>90</sup>Sr значительно отличались от величин, полученных для пробы № 1 из помещения 207/4 и проб из смежных помещений. Эти данные наряду с упомянутыми выше замерами воздухопотоков показали, что из помещения 207/4 переноса аэрозолей в блок Г не было. В противном случае в помещениях Г260/4, Г262 и Г264 и смежных, где вели работы по модернизации санпропускника, могла сложиться неблагоприятная радиационная обстановка.

Укажем также на результаты четырехлетней давности, полученные в помещениях 207/4 и 207/5, когда работ с интенсивным пылеобразованием не проводили [6]. В измеренных тогда пробах на указанном выше  $\beta$ -спектрометре получили, что отношение <sup>137</sup>Cs/<sup>90</sup>Sr в помещении 207/4 составляло 1,24, а в помещении 207/5 – 1,82. Таким образом, эти данные совпадают с вновь полученными для пробы № 2 из помещения 207/4 и для проб из помещений блока Г.

Подводя итоги анализов аэрозолей, отобранных во время монтажных работ в скважине 3.10.Г, можно заключить, что при изъятии блока детекторов в помещении 207/4 поступали аэрозоли из помещения 304/3. В нем поверхность ЛТСМ является генератором аэрозолей специфической окраски с высоким содержанием радионуклидов и дефицитом радиоцезия. Последнее обстоятельство отмечалось в ряде публикаций [12, 13] и связано с воздействием высоких температур на цезий и его оксиды, возгоняющиеся при 650 – 700 °С.

При анализах проб, отобранных 24 ноября 2004 г. из помещения 207/4, были измерены каждый из фильтрующих слоев пакета (табл. 4). Из полученных результатов следует, что как в первой, так и во второй пробах основное количество радионуклидов чернобыльского генезиса было уловлено на первом фильтрующем слое. Идентичность распределений “чернобыльских” радионуклидов (с учетом погрешностей измерений) свидетельствовала, что <sup>137</sup>Cs и <sup>90</sup>Sr находились на частицах одинакового размера (на одних и тех же частицах). Расчет по методике [5] с учетом скоростей фильтрации показал, что при отборе пробы № 1 активностный медианный аэродинамический диаметр (АМАД) носителей находился в диапазоне 3 – 5 мкм, а пробы № 2 – около 2 мкм. Аэрозоли таких размеров относятся к респираторной фракции и представляли опасность при вдыхании.

Из табл. 4 видно, что дочерние продукты радона и торона были совершенно иначе распределены по слоям пакета фильтров. Их наибольшее количество находилось на заключительном третьем слое. Они легко проскакивали через первый и второй слои, а следовательно, находились на более мелких частицах, чем радионуклиды чернобыльского генезиса. Расчет по методике [5] показал, что АМАД носителей дочерних продуктов радона и торона составлял около 0,2 мкм. Аналогичные результаты были получены в работе [6].

Различие в размерах частиц-носителей искусственных и естественных радионуклидов свидетельствовало о различии в механизмах их образования: первые возникали в результате эрозии и диспергирования материалов при работах по замене блока детектирования в скважине 3.10.Г, вторые – вследствие осаждения атомарных продуктов распада радона и торона на атмосферных ядрах конденсации.

**Таблица 4. Распределение (%) радионуклидов по слоям пакетов фильтров проб № 1 и 2, взятых 24 ноября в помещении 207/4**

Проба	Скорость фильтрации, см/с	Слой	КРК – 1		СЕБ – 1	
			Дочерние продукты радона и торона	$\Sigma\beta$	$^{90}\text{Sr}$	$^{137}\text{Cs}$
1	173	1		94,2	93,5	91,1
		2		5,5	6,2	7,5
		3		1,3	0,3	1,4
2	123	1	18,3	80,0	74,1	74,1
		2	13,4	6,2	14,8	13,8
		3	68,3	13,8	11,1	12,1

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Арзуманов С.С., Беляев С.Т., Бондаренко Л.Н. и др. Исследовательская система нейтронного контроля ядерно-физического состояния топливосодержащих масс 4-го блока ЧАЭС. – М., 1992. – 18 с. – (Препр. / ИАЭ им И. В. Курчатова; ИАЭ-5452/3).
2. Арзуманов С.С., Беляев С.Т., Бондаренко Л.Н. и др. Нейтронные исследования на объекте «Укрытие» (аварийный 4-й энергоблок ЧАЭС). Март 1989 – август 1990 г. – М., 1991. – 52 с. – (Препр. / ИАЭ им И. В. Курчатова; ИАЭ-5313 /3).
3. Атрощенко А.Ф., Балюн В.А., Высокский Е.Д. и др. Системы контроля состояния топливосодержащих материалов объекта «Укрытие». – Чернобыль, 1999. – 40 с. – (Препр. / НАН Украины. МНТЦ «Укрытие»; 99-3).
4. Контрольные уровни радиационной безопасности на ОУ, КУРБ-ОУ-2002. ГСП «Чернобыльская АЭС». Объект «Укрытие». – Славутич, 2002.
5. Vidyka A.K., Ogorodnikov B.I., Skitovich V.I. Filter pack technique for determination of aerosol particle size // J. Aerosol. Sci. – 1993. – Vol. 24. – Suppl. 1. – P. S205 – S206.
6. Огородников Б.И., Будыка А.К. Мониторинг радиоактивных аэрозолей в объекте «Укрытие» // Атомная энергия. – 2001. – Т. 91, вып. 6. – С. 471 – 475.
7. Анализ радиационных факторов объекта «Укрытие»: (Отчет) / Чернобыльская АЭС – ПОМ. ПП, пакет В. – Славутич, 2000. – 237 с.
8. Изучение эволюции топливного загрязнения объекта «Укрытие» и промплощадки ЧАЭС: (Отчет) / МНТЦ «Укрытие» НАН Украины. – Арх. № 1551. – Чернобыль, 1990.
9. 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).
10. Бегичев С.Н., Боровой А.А., Бурлаков Е.В. и др. Топливо реактора 4-го блока ЧАЭС (краткий справ.). – М., 1990. – 21 с. – (Препр./ Ин-т атомной энергии им. И. В. Курчатова; ИАЭ-5268/3).
11. Каталог № 1 (9) Научно-производственного предприятия «Атомкомплексприлад». - Киев, 2000. - С. 7 - 8.
12. Пазухин Э.М. Лавообразные топливосодержащие массы 4-го блока Чернобыльской АЭС: топография, физико-химические свойства, сценарий образования // Радиохимия. – 1994. – Т. 36, вып. 2. - С. 97 - 142.
13. Боровой А.А. Выброс ядерного топлива и продуктов деления из реактора 4-го блока ЧАЭС при аварии // Проблемы Чернобиля. - 2001. - Вып. 7. - С. 130 - 140.

Поступила в редакцию 09.12.04,  
после доработки - 02.03.05.

---

**5 6 АЕРОЗОЛЬНА ОБСТАНОВКА ПРИ ЗАМІНІ У СВЕРДЛОВИНІ 3.10.Г  
ОБ'ЄКТА «УКРИТТЯ» БЛОКА ДЕТЕКТУВАННЯ СТАНУ ПАЛИВОВМІСНИХ МАТЕРІАЛІВ  
У ЛИСТОПАДІ 2004 р.**

**Б. І. Огородников, М. І. Звеницький, В. Н. Дубас**

Представлено результати спостережень за концентраціями й дисперсним складом радіоактивних аерозолів у приміщенні 207/4 об'єкта «Укриття» в листопаді 2004 р. при виконанні робіт по заміні блока датчиків контролю стану паливовмісних матеріалів у свердловині 3.10.Г. Зареєстровано короточасне збільшення на три порядки величини концентрації аерозолів  $\beta$ -випромінюючих радіонуклідів-продуктів чорнобильської аварії. Знайдено дефіцит радіоцезію порівняно з розрахунком для ядерного палива на момент аварії. Осад на фільтрі мав інтенсивне руде забарвлення.

**5 6 AEROSOL SITUATION DURING REPLACEMENT OF DETECTING UNIT  
OF FUEL-CONTAINING MATERIALS CONDITION IN BOREHOLE 3.10.G  
OF "UKRYTTYA" OBJECT IN NOVEMBER, 2004**

**B. I. Ogorodnikov, M. I. Zvenitskiy, V. N. Dubas**

Concentrations and size distributions of radioactive aerosols inside the premise 207/4 of "Ukryttya" Object in November, 2004 are presented. Short time increase in 1000 times of concentration of  $\beta$ -active aerosols of the Chernobyl genesis was observed, when the fuel-containing materials detecting unit was replaced. Deficit of  $^{137}\text{Cs}$  in aerosols are discussed. Aerosols deposited on the filter had the intensive red color.