

Б. И. Огородников, В. Е. Хан, В. П. Ковальчук

Институт проблем безопасности АЭС НАН Украины, Чернобыль

РАДИОАКТИВНЫЕ АЭРОЗОЛИ В ХОЛЛЕ Г350 ОБЪЕКТА «УКРЫТИЕ» В 2010 – 2011 гг.

В 2010 г. работы по реконструкции коридора Г347 привели к повышению в холле Г350 концентрации аэрозолей-носителей продуктов Чернобыльской аварии. Наиболее высокая объемная активность $6,4 \text{ Бк/м}^3$ наблюдалась 22 ноября, когда в коридоре Г347 вели металлообработку с помощью болгарки. Выявлен дополнительный фактор ингаляционного облучения персонала объекта «Укрытие» – дочерние продукты (ДП) радона и торона. Объемная активность ^{212}Pb (ДП торона) находилась в диапазоне $0,1 - 4 \text{ Бк/м}^3$, а ДП радона – $6 - 200 \text{ Бк/м}^3$.

Ключевые слова: объект «Укрытие», радиоактивные аэрозоли-продукты аварии, дочерние продукты радона и торона, источники аэрозолей, динамика концентраций аэрозолей, ингаляционная доза.

Объект исследования

Помещение Г350 расположено в западной части объекта «Укрытие» на высотной отметке +9 м. В соответствии с «Технологическим регламентом объекта «Укрытие» [1] этот холл отнесен к 3-й подзоне (с постоянным пребыванием персонала). В смежном помещении Г328 круглосуточно располагается дежурная смена цеха радиационной безопасности. Здесь выдают дозиметры руководителям различных служб ЧАЭС и контролерам, посещающим объект «Укрытие». В холл Г350 перед началом и после окончания работ приходят руководители и члены бригад организаций-подрядчиков для оформления нарядов, инструктажа, получения и сдачи индивидуальных дозиметров. Через холл Г350 и коридор Г347 проходит маршрут движения персонала из объекта «Укрытие» на 1 – 3-й блоки ЧАЭС и обратно.

В 2010 г. в коридоре Г347 и во всех помещениях, расположенных вдоль него, проводили ремонтные и реконструкционные работы, в том числе демонтаж и замену кабелей, навесных потолков, замену дверей, покрытий полов, нанесение противопожарных смесей на воздуховоды, покраску стен и т.д. В связи с этим для оценки радиационной обстановки и холле Г350 требовалось контролировать концентрацию и динамику радиоактивных аэрозолей. Полученные результаты представлены ниже.

Методика мониторинга

Площадь холла Г350 составляет около 20 м^2 . Имеются четыре двери: на лестницу Г010/2, в коридор Г347, помещение Г328 и туалет. Кроме того, в восточной стене имеются два небольших окна, через которые происходит общение с дозиметристами, находящимися в помещении Г328.

Пробы аэрозолей отбирали во время наибольшего потока людей (около 9 ч утра или днем около 15 ч). Использовали воздуходувку Н810, в которую устанавливали пакет из двух фильтров АФА РСП-20 [2]. Воздуходувка располагалась на столе у западной стены холла на высоте около 1 м от пола. Прокачивали 5 м^3 воздуха примерно за 50 мин. Затем фильтры переносили в помещение Г328 и измеряли их β -активность на радиометре КРК-1. За один час производили около 8 – 9 измерений по 100 с. Через 4 – 5 сут выполняли еще одно измерение продолжительностью 1000 с. Таким образом определяли активность дочерних продуктов (ДП) радона и торона, а также активность долгоживущих радионуклидов-продуктов Черно-

© Б. И. Огородников, В. Е. Хан, В. П. Ковальчук, 2012

быльской аварии. После каждого пробоотбора визуально оценивали изменение окраски лобового фильтра, что позволяло ориентировочно охарактеризовать запыленность воздуха.

Для оценки полноты улавливания аэрозолей в нескольких пробах, отобранных в разные периоды, выполнили раздельное измерение первого и второго фильтров. Получено, что при избранной скорости пробоотбора (около 85 см/с) проскок ДП радона и торона на второй фильтр составляет 5 – 7 %. Проскок аэрозолей-носителей радионуклидов чернобыльского генезиса (преимущественно ^{90}Sr и ^{137}Cs) был менее 1 %. Различие в эффективностях вполне закономерно, поскольку ДП радона и торона связаны с частицами диаметром 0,1 – 0,3 мкм, а продукты Чернобыльской аварии находятся на более крупных частицах размером свыше 1 мкм [3]. Из полученных данных следует, что пакет из двух слоев фильтров АФА РСП-20 обеспечивал практически полное улавливание радиоактивных аэрозолей.

Как правило, одновременно с отбором проб в холле Г350 контролировали выброс аэрозолей из центрального зала объекта «Укрытие» в атмосферу через систему «Байпас» [4]. Кроме того, эпизодически отбирали пробы аэрозолей в других помещениях объекта «Укрытие».

Концентрации аэрозолей-продуктов Чернобыльской аварии

За 12 месяцев (с февраля 2010 г. по январь 2011 г.) в холле Г350 было отобрано 66 проб. Результаты измерения смеси долгоживущих β -излучающих нуклидов ($\Sigma\beta$), в которую входили ^{90}Sr , ^{137}Cs и ^{241}Pu , представлены на рис. 1. В большинстве случаев концентрации находились в диапазоне 0,1 – 1 Бк/м³. Лишь 12 % проб превышали 1 Бк/м³ и 17 % были менее 0,1 Бк/м³. Разброс концентраций составлял три порядка величины. Средняя объемная активность за 12 месяцев равнялась 0,63 Бк/м³.

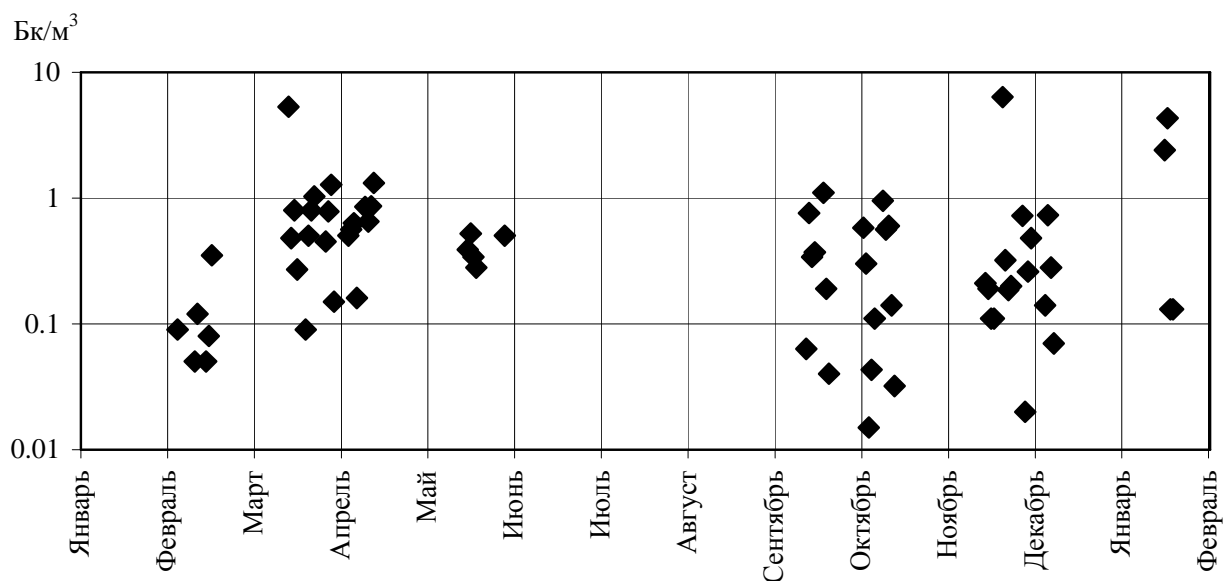


Рис. 1. Объемная активность аэрозолей-носителей суммы долгоживущих бета-излучающих нуклидов в холле Г350 в 2010 - 2011 гг.

Во многих случаях низкие величины $\Sigma\beta$ коррелировали с тихой погодой. Например, 10, 15 и 16 февраля, когда $\Sigma\beta$ были менее 0,08 Бк/м³, в районе ЧАЭС наблюдался штиль, а 15 февраля еще с утренним туманом. Минимальное значение $\Sigma\beta = 0,015$ Бк/м³ было зарегистрировано 6 октября 2010 г. В этот день с утра на почве лежал иней, скорость восточного ветра находилась в диапазоне 1 – 2 м/с.

Максимальная величина $\Sigma\beta = 6,35$ Бк/м³ наблюдалась 22 ноября 2010 г. В этот день холл Г350 был сильно задымлен. Пахло каленым железом. Оказалось, что в коридоре Г347 резали конструкции болгаркой. И хотя дверь в этот коридор была закрыта, и щели по пери-

метру заклеены лентой, дым просачивался. Слабый воздушный поток из коридора Г347 шел в холл Г350 и далее на лестницу Г010/2. Пробу отбирали во второй половине дня в течение 1 ч 06 мин. При этом примерно через полчаса после начала прокачки воздуха фильтр пришлось заменить, поскольку из-за накопившейся пыли расход снизился со 100 до 20 л/мин. По окончании проботбора оба комплекта фильтров были покрыты коричневым осадком. После расслоения пакетов оказалось, что вторые слои не запылились и имели исходный белый цвет. Приведенная выше величина $\Sigma\beta$ в 2,1 раза превышала контрольную концентрацию аэрозольной смеси β -излучающих нуклидов, установленную в соответствии с КУРБ-ОУ [5]. Из-за большой толщины накопившегося осадка содержание α -излучающих нуклидов точно измерить не удалось.

В начале 2011 г. сняли дверь, ведущую из холла Г350 в коридор Г347. Пробы, отобранные 18 и 19 января, свидетельствовали, что величины $\Sigma\beta$ были достаточно высокими. Так, 18 января $\Sigma\beta = 2,4 \text{ Бк/м}^3$, а на следующий день – $4,3 \text{ Бк/м}^3$. Оба дня поток воздуха со скоростью 0,4 – 0,5 м/с шел из коридора в холл и далее на лестницу. 19 января в проеме двери повесили пленку и начали ломать дверной косяк. При этом пленка надулась, как парус, а пыль уносило в холл. В этот день после окончания пробоотбора, продолжавшегося 49 мин во второй половине дня, лобовой слой пакета фильтров стал серым. Измерение показало, что контрольная концентрация была превышена почти в полтора раза.

Представляет интерес сопоставить данные 2010 – 2011 гг. с теми, которые были получены специалистами лаборатории радиационно-экологического мониторинга ЧАЭС (ЛРЭМ ЧАЭС) примерно за год до начала работ в коридоре Г347. Как видно из рис. 2, в апреле 2009 г. среднее значение $\Sigma\beta = 0,16 \text{ Бк/м}^3$, т.е. объемные активности аэрозолей были в четыре раза меньше, чем в 2010 – 2011 гг.

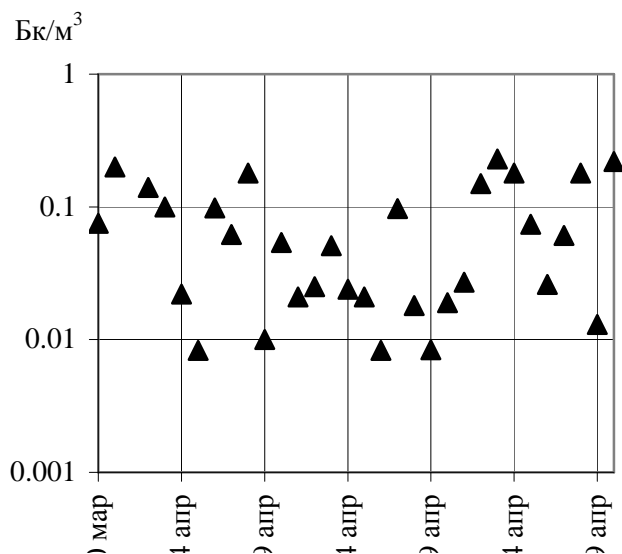


Рис. 2. Объемная активность аэрозоль-носителей суммы долгоживущих бета-излучающих нуклидов в холле Г350 в марте – апреле 2009 г. по данным ЛРЭМ ЧАЭС.

Таким образом, проведенные наблюдения показали, что ремонтные и реконструкционные работы в коридоре Г347 привели к значительному ухудшению радиационной обстановки в холле Г350 вследствие переноса техногенных аэрозолей.

Об этом же свидетельствуют данные регламентного контроля, выполненного специалистами ЛРЭМ ЧАЭС в 2010 г. Как следует из рис. 3, в 2010 г. объемная активность смеси β -излучающих аэрозолей была существенно выше, чем в марте – апреле 2009 г. (см. рис. 2). При этом 20 апреля 2010 г. $\Sigma\beta = 5 \text{ Бк/м}^3$, что в 1,7 раза выше контрольной концентрации. В середине января $\Sigma\beta$ еще дважды приближалась к контрольной концентрации. За весь 2010 г. только три раза $\Sigma\beta$ была ниже $0,01 \text{ Бк/м}^3$, в то время как в 2009 г. таких случаев только в апреле было четыре.

Необходимо отметить, что результаты наших наблюдений в 2010 г. (см. рис. 1) и специалистов ЛРЭМ ЧАЭС (см. рис. 3) практически совпадали.

Концентрации аэрозолей-носителей ДП радона и торона

Из публикации [6] следует, что радон, торон и их дочерние продукты находятся повсеместно в объекте «Укрытие». Помимо того, что их вдыхание приводит к облучению легких, они препятствуют экспресс-анализу проб аэрозолей-носителей радионуклидов черно-

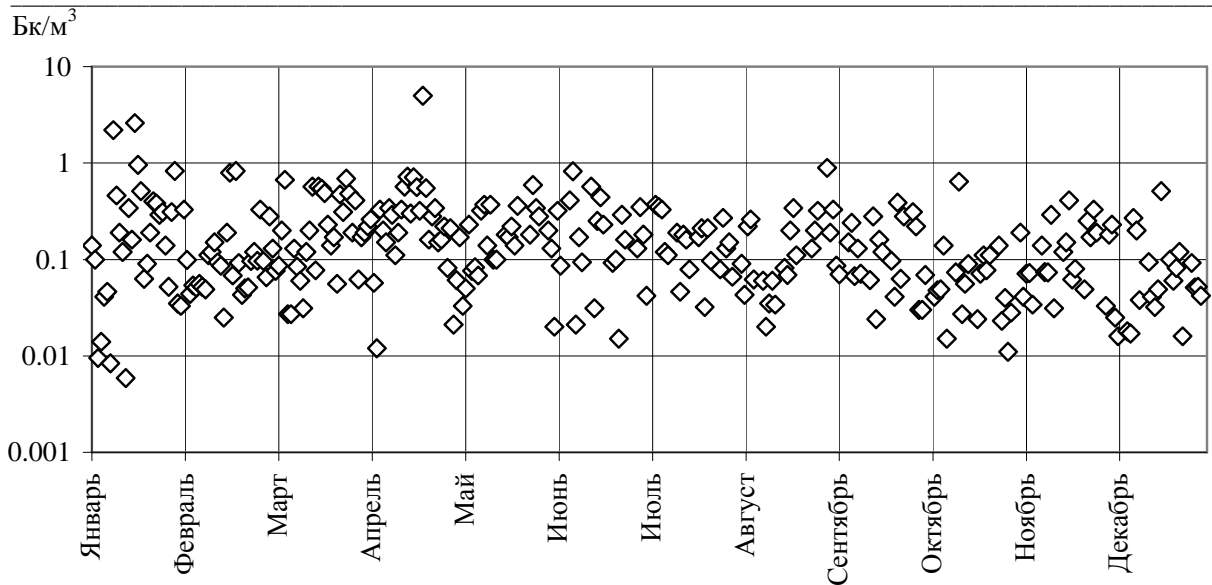


Рис. 3. Объемная активность аэрозолей-носителей суммы долгоживущих бета-излучающих нуклидов в холле Г350 в 2010 г. по данным ЛРЭМ ЧАЭС.

бильского генезиса. В связи с этим при исследованиях в холле Г350, были измерены содержания ДП радона и торона.

Концентрации радона были определены из условия его равновесия со своими ДП при продолжительности пробоотбора около 1 ч и более. Содержание ДП находили по измерениям фильтров на радиометре КРК-1. Как следует из рис. 4, диапазон концентраций в 2010 г. составлял от 6 до 200 Бк/м³. Наиболее высокие значения были зафиксированы 18 – 21 мая, когда в четырех пробах объемные активности превышали 100 Бк/м³. Полученные данные согласуются с результатами радоновой съемки, проведенной в объекте «Укрытие» в апреле – октябре 2010 г. Тогда с помощью трекового детектора ТДА-01, находившегося в помещении Г328 в течение полугода, была зарегистрирована средняя концентрация радона 173 Бк/м³ [6]. Следует отметить, что согласно НРБУ-97 [7] в помещениях, которые эксплуатируются с постоянным пребыванием людей, среднегодовая эквивалентная равновесная объемная активность радона не должна быть выше 100 Бк/м³, а торона – 6 Бк/м³. Если эти уровни превышаются, то требуется проведение противорадоновых мероприятий.

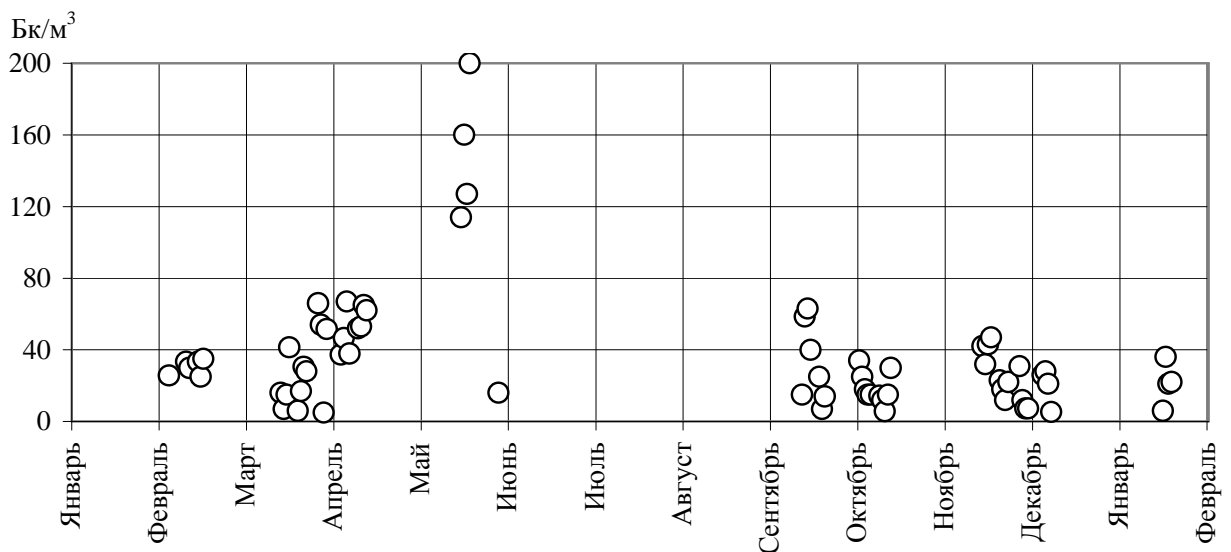


Рис. 4. Объемная активность ДП радона в холле Г350 в 2010 – 2011 гг.

Результаты определения в холле Г350 объемной активности ^{212}Pb (ДП распада торона) приведены на рис. 5. Полученные значения находились в диапазоне 0,1 – 4 Бк/м³. Средняя концентрация составляла 1,6 Бк/м³. Ранее [3, 8] было установлено, что в марте – мае 2007 г. на территории объекта «Укрытие», в частности у юго-западного угла машинного зала, концентрации ^{212}Pb не превышали 0,6 Бк/м³. Из этого однозначно следовало, что источники ^{212}Pb находятся внутри объекта «Укрытие», в том числе в холле Г350.

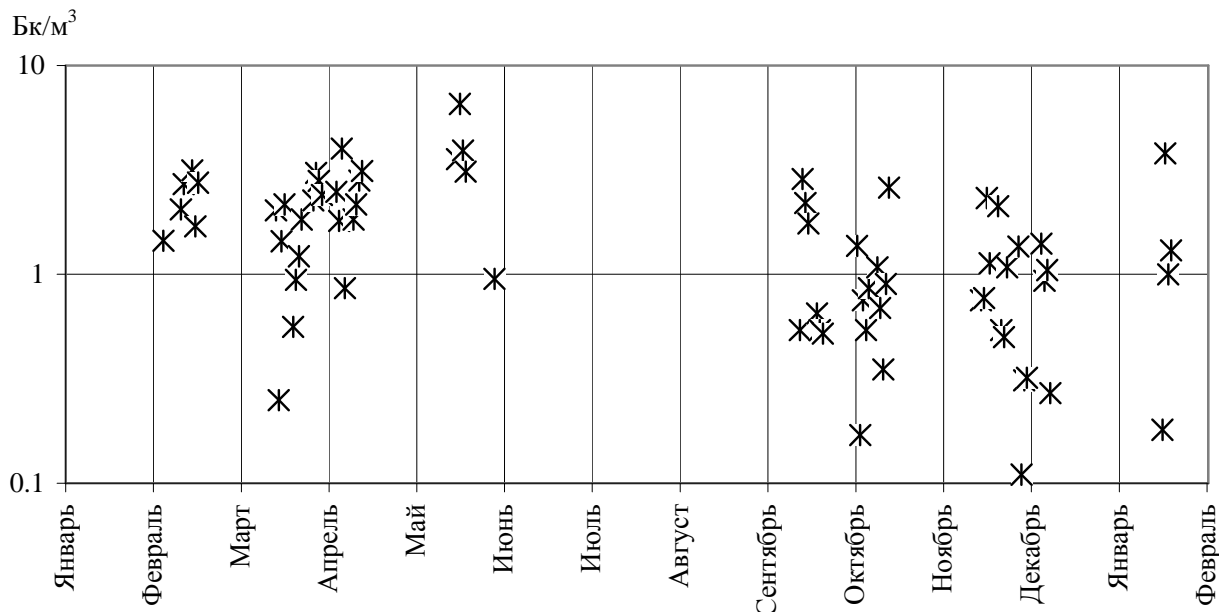


Рис. 5. Объемная активность ^{212}Pb в холле Г350 в 2010 – 2011 гг.

Следует отметить, что интерес к аэрозолям ДП радона и торона в холле Г350 проявлялся и в предыдущие годы. Это было связано с прекращением в жаркие весенние дни естественной тяги воздуха через высотную трубу ВТ-2, а также через неплотности и щели на верхних отметках объекта «Укрытие» [8]. В разные месяцы 2007 г. в холле Г350 было отобрано шесть проб аэрозолей. Результаты измерений представлены в таблице.

Данные мониторинга радиоактивных аэрозолей в холле Г350 объекта «Укрытие» в 2007 г.

Отбор			Концентрация, Бк/м ³		
Дата	Период	Объем, м ³	$\Sigma\beta$	ДП _{Rn+Tn}	^{212}Pb
09.02	09 ⁵⁰ – 10 ³⁵	5	< 0,1	56	2,7
30.05	09 ⁴⁰ – 10 ⁰⁹	5	< 0,1	130	6,8
31.05	09 ⁰⁷ – 09 ³⁸	5	< 0,1	100	3,9
10.10	09 ⁴⁰ – 10 ⁰⁸	5	< 0,1	8	0,43
20.11	15 ²⁷ – 16 ⁰⁷	5	0,28	19	1,2
21.11	15 ³⁰ – 16 ⁰³	5	1,9	10	0,54

Прежде чем анализировать данные по ДП радона и торона, отметим, что в 2007 г. концентрации $\Sigma\beta$ были, как и в апреле 2009 г., низкие (см. рис. 2). Это еще раз свидетельствует, что рассмотренные выше результаты измерений $\Sigma\beta$ в холле Г350 в 2010 г. характеризуют генерацию и перенос аэрозолей при реконструкции коридора Г347.

Из приведенных в таблице результатов следует, что в трех случаях из шести в холле Г350 наблюдались повышенные концентрации ДП радона и торона. Причина высоких кон-

центраций 30 и 31 мая – прекращение естественной тяги воздуха из-за высокой температуры во внешней среде.

По данным метеостанции «Чернобыль» 19 – 31 мая при средних ветрах, не превышавших 1 – 2 м/с, дневные температуры достигали 30 – 33 °С, а ночные не опускались ниже 15 – 16 °С. Поскольку помещения объекта «Укрытие» еще не успели прогреться после зимы, сложилась специфическая обстановка (застой воздуха). Очевидно, с 19 мая в помещениях началось накопление радона, торона и их ДП. Однако осенью (20 – 21 ноября), когда естественная тяга воздуха уже восстановилась, объемная активность ДП радона и торона в холле Г350 находилась на уровне 10 – 20 Бк/м³. Это еще раз показало, что источники эманирования радона и торона находятся внутри объекта «Укрытие».

Необходимо подчеркнуть, что до сих пор при определении доз, полученных персоналом, наличие радона и торона в помещениях объекта «Укрытие» не учитывалось. Расчет показал [6], что при концентрации радона 170 Бк/м³ и торона 10 Бк/м³ ингаляционная доза за год (1800 рабочих часов) достигает 3,5 мЗв. Это составляет 18 % от предельной эффективной дозы (20 мЗв/год) для персонала категории А.

Заключение

Установлено, что в 2010 г. работы по реконструкции коридора Г347 и расположенных вдоль него помещений привели к значительному повышению в холле Г350 концентрации аэрозолей-носителей продуктов Чернобыльской аварии. По сравнению с предыдущим годом средняя объемная активность увеличилась примерно в четыре раза. В нескольких случаях в этом помещении, относящемся к категории постоянного пребывания персонала (3-я подзона), были зарегистрированы значения $\Sigma\beta$, превышавшие контрольный уровень 3 Бк/м³. Наиболее высокая объемная активность 6,4 Бк/м³ наблюдалась 22 ноября, когда на протяжении длительного времени в коридоре Г347 вели металлообработку с помощью болгарки.

Выявлен дополнительный фактор ингаляционного облучения персонала объекта «Укрытие» – ДП радона и торона.

Объемная активность ²¹²Pb (ДП торона) в холле Г350 в 2010 г. находилась в диапазоне 0,1 – 4 Бк/м³. Средняя концентрация составляла 1,6 Бк/м³. Установлено, что источники ²¹²Pb находятся внутри объекта «Укрытие», в том числе в холле Г350.

Объемная активность ДП радона в холле Г350 в 2010 г. составляла 6 – 200 Бк/м³. Наиболее высокие значения были зафиксированы 18 – 21 мая, когда в четырех пробах концентрации превышали 100 Бк/м³.

Согласно НРБУ-97 в помещениях, которые эксплуатируются с постоянным пребыванием людей, среднегодовая эквивалентная равновесная объемная активность радона не должна быть выше 100 Бк/м³, а торона – 6 Бк/м³. Если эти уровни превышаются, то необходимо проведение противорадоновых мероприятий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Технологический регламент объекта «Укрытие» реактора блока № 4 Чернобыльской АЭС. 1Р-ОУ/ОП ЧАЭС / Объект «Укрытие».* – Инв. № 01 ТО. – Славутич, 2000. – 69 с.
2. *Петрянов И.В., Козлов В.И., Басманов П.И., Огородников Б.И.* Волокнистые фильтрующие материалы ФП. – М.: Знание, 1968.
3. *Огородников Б.И., Пазухин Э.М., Ключников А.А.* Радиоактивные аэрозоли объекта «Укрытие»: 1986 – 2006 гг.: монография – Чернобыль: Ин-т проблем безопасности АЭС НАН Украины, 2008. – 456 с.
4. *Огородников Б.И., Бudyка А.К., Павлюченко Н.И.* Наблюдения за выбросами радиоактивных аэрозолей из объекта «Укрытие» Чернобыльской АЭС // Атомная энергия. – 2004. – Т. 96, вып. 3. – С. 224 – 236.

5. *Контрольные уровни радиационной безопасности 41 П-С / ГСП ЧАЭС.* – Славутич (утверждены 02.02.09).
6. *Огородников Б.И., Хан В.Е., Пазухин Э.М., Краснов В.А.* Радон и его дочерние продукты в объекте «Укрытие» в 2003 – 2010 гг. // Проблемы безпеки атомних електростанцій і Чорнобиля. – 2011. – Вип. 16. – С. 130 – 136.
7. *Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97).* – К., 1997.
8. *Огородников Б.И., Будыка А.К., Хан В.Е. и др.* Аэрозоли-носители ^{212}Pb в объекте «Укрытие» // Проблемы безпеки атомних електростанцій і Чорнобиля. – 2008. – Вип. 9. – С. 54 – 65.

Б. И. Огородников, В. Е. Хан, В. П. Ковальчук

**РАДИОАКТИВНІ АЕРОЗОЛІ В ХОЛІ Г350 ОБ'ЄКТА «УКРИТТЯ»
У 2010 - 2011 рр.**

У 2010 р. роботи по реконструкції коридору Г347 привели до підвищення в холі Г350 концентрації аерозолів-носіїв продуктів Чорнобильської аварії. Найбільш висока об'ємна активність $6,4 \text{ Бк/м}^3$ спостерігалася 22 листопада, коли в коридорі Г347 вели металообробку за допомогою болгарки. Виявлено додатковий чинник інгаляційного опромінювання персоналу об'єкта «Укриття» - дочірні продукти (ДП) радону і торону. Об'ємна активність ^{212}Pb (ДП торону) знаходилася в діапазоні $0,1 - 4 \text{ Бк/м}^3$, а ДП радону - $6 - 200 \text{ Бк/м}^3$.

Ключові слова: об'єкт «Укриття», радіоактивні аерозолі-продукти аварії, дочірні продукти радону і торону, джерела аерозолів, динаміка концентрацій аерозолів, інгаляційна доза.

B. I. Ogorodnikov, V. Y. Khan, V. P. Kovalchuk

**RADIOACTIVE AEROSOLS IN HOLL G350 OF THE “UKRYTTYA” OBJECT
IN 2010 – 2011**

In 2010 in holl G350 concentratios of radioactive aerosols-products of Chernobyl accident were increasd duering reconstraction of corridor G347. Maximal concentration 6.4 Bq/m^3 are observed at November 22. Volume activity of ^{212}Pb was $0.1 - 4 \text{ Bq/m}^3$ and daughter products of radon – $6 - 200 \text{ Bq/m}^3$. Presence of daughter products of radon and thoron in holl G350 is the additional negative factor at inhalation of air.

Keywords: object “Ukryttya”, radioactive aerosols-products of accident, daughter products of radon and thoron, aerosol sources, dynamics of aerosol concentratios, inhalation dose.

Поступила в редакцію 14.06.11