

А. К. Калиновский, В. А. Краснов, Б. И. Огородников

Институт проблем безопасности АЭС НАН Украины, Чернобыль

РАДИОАКТИВНЫЕ АЭРОЗОЛИ В ЛОКАЛЬНОЙ ЗОНЕ ОБЪЕКТА “УКРЫТИЕ” В 2009 – 2010 гг.

Представлены концентрации радиоактивных аэрозолей в приземном слое воздуха в локальной зоне объекта "Укрытие" при проведении работ по строительству фундамента нового безопасного конфайнмента в 2009 – 2010 гг. Показано, что повышенные в апреле, мае, июне 2010 г. уровни активности аэрозолей связаны с пылеподъемом, сопровождавшим земляные работы в этот период.

Ключевые слова: радиоактивные аэрозоли, пылеподъем, γ -спектрометрические измерения, метеорологические факторы, радионуклиды,

Введение

Известно, что радиационная обстановка в локальной зоне объекта "Укрытие" определяется в основном двумя факторами: технологической деятельностью и радиоактивными выбросами из объекта "Укрытие" [1 - 3]. В 2009 г. на территории промплощадки объекта "Укрытие" были начаты подготовительные работы, связанные со строительством нового безопасного конфайнмента (НБК) с использованием различной строительной и землеройной техники, грузового автотранспорта. При выполнении работ проводили расчистку территорий от остатков зданий, интенсивные земляные работы, связанные с сооружением фундамента и др. При этом наблюдалось существенное повышение концентрации радиоактивных аэрозолей в воздухе на всей территории промплощадки объекта "Укрытие" по сравнению с аналогичным весенним периодом предыдущих лет наблюдений [4, 5].

Средства и методы измерений

Наблюдение за концентрациями радиоактивных аэрозолей в воздухе выполнялось на трех стационарных пунктах отбора с помощью аспирационных установок, расположенных на территории локальной зоны (рис. 1). Пункты отбора № 1 («Север») и № 2 («Северо-запад») находятся на пересечении строительных осей 51, 68 + 34 м и рядов Ю + 52 м, Ю + 49 м соответственно, а пункт № 3 («Юг») – на пересечении оси 52 и ряда А - 73 м.

Отбор проб аэрозолей выполнялся путем прокачки воздуха через фильтрующий материал ФПП-15-1,5. Объем прокачанного воздуха на пунктах контроля в среднем составлял 180 тыс. м³ за время экспозиции 14 - 17 сут. Такой объем прокачки воздуха необходим для определения концентрация ²⁴¹Am, используемого в качестве базового при расчете концентрации $\Sigma\alpha$ -излучающих аэрозолей. Содержание этого радионуклида в воздухе локальной зоны находится обычно в пределах 10⁻⁶ – 10⁻⁵ Бк/м³.

Вынос радиоактивных аэрозолей из объекта "Укрытие" через неплотности и технологические отверстия оценивали по активности радионуклидов, собранных на аккумулялирующих планшетах, расположенных на легкой кровле объекта "Укрытие" (см. рис. 1) [6]. Время экспонирования планшетов в среднем составляет один месяц. При расчете интегрального выноса, исходя из консервативного подхода, суммарная площадь отверстий на верхних отметках объекта "Укрытие" принималась равной 120 м².

Измерения отобранных проб выполнены на γ -спектрометрическом комплексе, состоящем из полупроводникового детектора из сверхчистого германия с разрешением 1,9 кэВ для энергии γ -квантов 1,33 МэВ и 8192-канального амплитудного анализатора импульсов. В γ -спектрах идентифицировали и определяли активность следующих техногенных радионуклидов чернобыльского генезиса ¹³⁷Cs, ¹³⁴Cs, ¹⁵⁴Eu, ¹⁵⁵Eu, ⁶⁰Co, ²⁴¹Am.

© А. К. Калиновский, В. А. Краснов, Б. И. Огородников, 2011

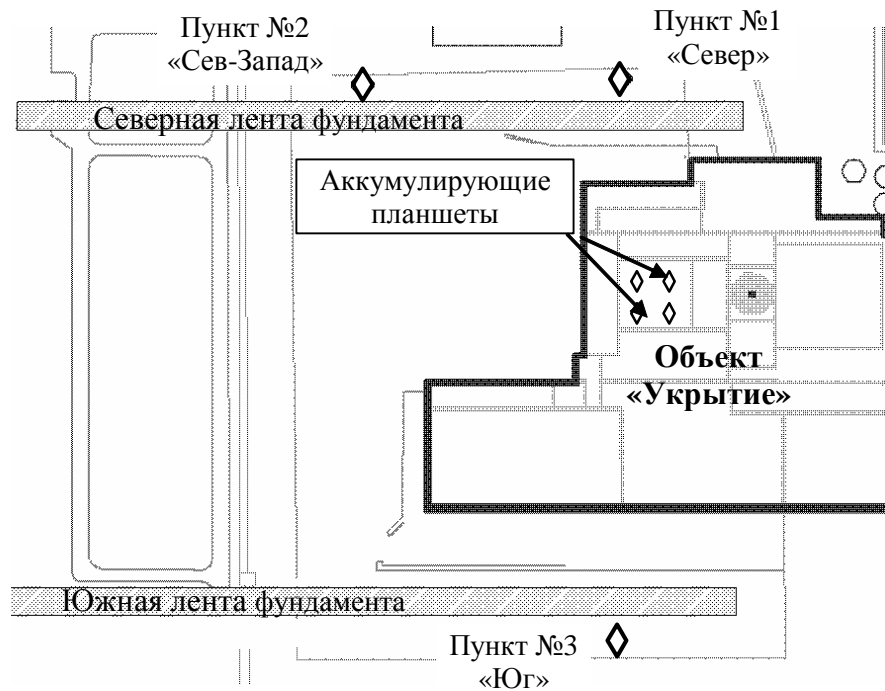


Рис. 1. Схема размещения пунктов наблюдения за аэрозольной обстановкой в локальной зоне объекта «Укрытие».

Результаты исследований и их обсуждение

По результатам γ -спектрометрических измерений рассчитывали концентрации смеси α - и β -излучающих радиоактивных аэрозолей в приземном слое воздуха. В сумму α -излучающих аэрозолей включали нуклиды $^{238+239+240}\text{Pu}$ и ^{241}Am ; а в сумму β -излучающих - нуклиды ^{137}Cs , $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$ и ^{241}Pu . Концентрацию радионуклидов $^{238+239+240, 241}\text{Pu}$ и $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$ рассчитывали, исходя из их соотношений ^{241}Am и ^{137}Cs в базовом составе топлива 4-го блока на момент измерений [7, 8], соответственно.

На рис. 2 представлена динамика средних по локальной зоне концентраций $\Sigma\alpha$ - и $\Sigma\beta$ -излучающих аэрозолей в период экспозиции аспирационных фильтров в 2009 - 2010 гг. Интерес к этому периоду наблюдения обусловлен временем выполнения основных земляных работ по обустройству северной и южной лент фундамента НБК (см. рис. 1) и существенным ростом концентрации радиоактивных аэрозолей в воздухе. На рис. 2 видно, что при сохранении симбатности графиков изменения концентраций $\Sigma\alpha$ - и $\Sigma\beta$ -излучающих аэрозолей, значения концентрации $\Sigma\alpha$ -излучающих аэрозолей в среднем меньше в 87 раз. Соотношение не постоянно и изменяется от 61 (среднее значение для базового топлива за этот период равно 60) до 116 раз. Это связано с колебаниями концентрации ^{137}Cs в пробах аэрозолей при сохранении, в пределах погрешности измерения, постоянства отношения ^{241}Am к ^{154}Eu .

Максимальное значение концентрации $\Sigma\beta$ -радиоактивных аэрозолей $0,51 \text{ Бк/м}^3$ зафиксировано на юге локальной зоны объекта "Укрытие" в период с 31 мая по 16 июня 2010 г.

Консервативная оценка концентрации радиоаэрозолей при производстве работ на промплощадке (при пересчете на 36-часовую рабочую неделю) показывает, что значение объемной активности β -излучающих аэрозолей в период с 24 апреля по 31 мая 2010 г. могло достигать величины около 3 Бк/м^3 , при среднем значении $0,4 \text{ Бк/м}^3$. Полученные величины хорошо согласуются с результатами оперативного контроля аэрозольной обстановки в зоне производства работ, выполняемого сотрудниками ЛРЭМ ЦРБ ЧАЭС, которые показывают, что объемная концентрация β -излучающих аэрозолей в период с 24 апреля по 2 июня

достигала 10 Бк/м^3 (23 мая 2010 г. в районе южной ленты фундамента НБК), а среднее значение за указанный период составило $0,42 \text{ Бк/м}^3$.



Рис. 2. Динамика концентрации $\Sigma\alpha$ - и $\Sigma\beta$ -излучающих радиоактивных аэрозолей в приземном слое воздуха в 2009 - 2010 гг.

Для выяснения влияния объекта "Укрытие" на аэрозольную обстановку в локальной зоне проанализировано изменение скорости выброса радиоактивных аэрозолей по данным аккумулирующих планшетов в 2009 - 2010 гг. (рис. 3). Видно, что в 2009 – 2010 гг. высокие скорости выброса $\Sigma\beta$ -излучающих аэрозолей через неплотности и технологические люки на верхних отметках объекта "Укрытие" наблюдались 6 октября – 4 ноября 2009 г., 2 декабря 2009 г. – 2 февраля 2010 г. и 2 марта – 1 апреля 2010 г. В это же время зарегистрирована повышенная концентрация радиоактивных аэрозолей на территории локальной зоны (см. рис. 2). Поэтому довольно сложно разграничить вклады в формирование радиационной аэрозольной обстановки в локальной зоне выбросов радионуклидов из объекта "Укрытие" и пылеподъема при проведении земляных работ.

Однако после 1 апреля 2010 г. объемы выбросов радиоаэрозолей существенно снизились до минимальных уровней (среднее значение за период с 1 апреля по 5 октября 2010 г. равно $0,95 \text{ МБк/сут}$). Следовательно, основным источником существенного повышения концентрации радиоактивных аэрозолей в приземном слое воздуха локальной зоны объекта "Укрытие" является пылеподъем обусловленный земляными работами при обустройстве котлованов и перемещении радиоактивного грунта.

Необходимо отметить, что суммарные годовые выбросы $\Sigma\beta$ -излучающих аэрозолей из объекта "Укрытие" в 2009 г. и 2010 г. составили 422 МБк и 327 МБк соответственно, что существенно меньше величин наблюдаемых в предыдущие годы (в 2006 г. – 717 МБк, в 2007 г. – 703 МБк, в 2008 г. – 639 МБк) [4 - 6]. Снижение объемов выбросов, вероятней всего, связано с выполненными в 2008 г. работами по герметизации крыши объекта "Укрытие".

Известно, что метеорологические факторы, такие как скорость и направление ветра, температура, осадки, оказывают существенное влияние на выброс радиоактивных аэрозолей из объекта "Укрытие" и на их концентрацию в приземном слое воздуха [3, 9, 10]. Например, туман и осадки способствуют снижению концентрации аэрозолей в воздухе, а порывы ветра

в сочетании с высокими положительными температурами окружающей среды приводят к увеличению пылеподъема. Поэтому была проанализирована динамика метеорологических условий в зоне отчуждения ЧАЭС в 2009 - 2010 гг. по скорости ветра (порывы) и температуре (см. рис. 3). Все метеоданные получены на метеостанции «Чернобыль», которая фиксирует наблюдения каждые 3 ч. В период осень 2009 г. – зима 2010 г. сочетание резких перепадов температуры с порывами ветра до 14 м/с, обусловило увеличение скорости выброса радиоактивных аэрозолей через негерметичность крыши и неплотности конструкции объекта «Укрытие». Существенный рост температуры в апреле 2010 г. способствовал высыханию грунта и увеличению количества пыли. Как результат, под действием технологических работ (земляные работы, транспортировка грунта, движение автотранспорта по локальной зоне и др.), способствующих пылеподъему, концентрация пыли и радиоактивных аэрозолей в локальной зоне возросла. Этот факт нашел свое подтверждение в том, что аспирационные фильтры были покрыты значительным слоем земляной пыли. Стабилизация радиационной обстановки и снижение концентрации радиоактивных аэрозолей и пыли произошли после мая 2010 г., когда приступили к регулярной интенсивной поливке пылеподавляющими средствами территории промплощадки и локальной зоны объекта «Укрытие».

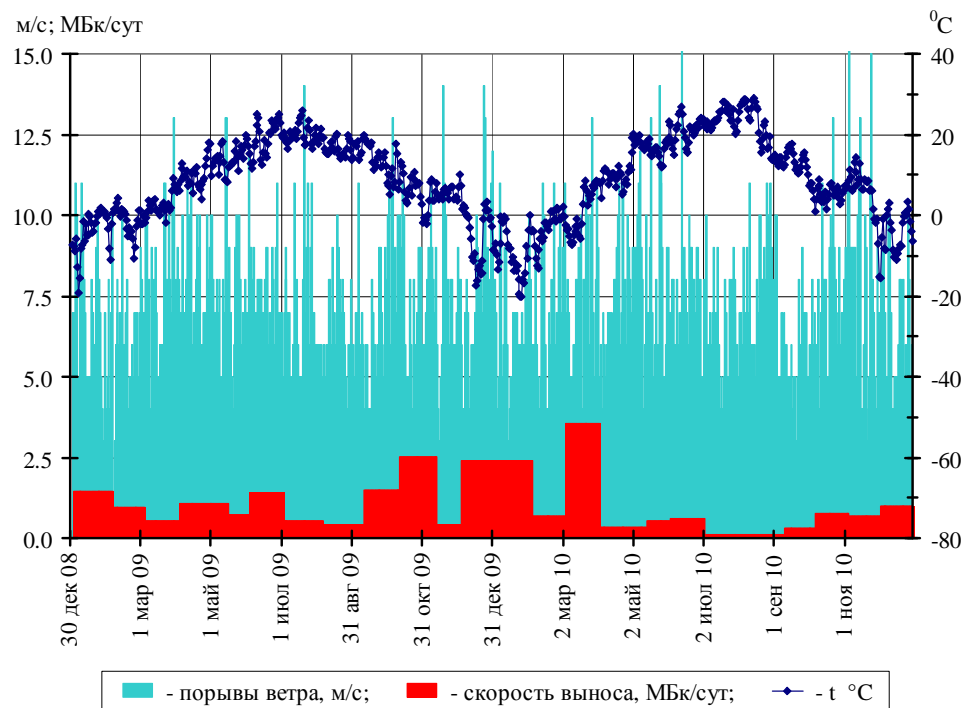


Рис. 3. Влияние метеорологических факторов на скорость неорганизованного выброса $\Sigma\beta$ -излучающих аэрозолей через щели в кровле объекта «Укрытие» в 2009 - 2010 гг.

Следует отметить, что в период с 1 июля по 8 сентября 2010 г. (см. рис. 3) выброс радиоактивных аэрозолей из объекта «Укрытие» минимальный (среднее значение 0,012 МБк/сут). Это объясняется сочетанием следующих природных факторов: высокой среднесуточной температуры (среднее значение 22,3 °C при максимальной величине в начале августа в течение нескольких дней 28 °C) и отсутствием значительных порывов ветра (в основном менее 10 м/с).

Выводы

Основным источником формирования неблагоприятной радиационной обстановки в 2009 – 2010 гг. в локальной зоне объекта "Укрытие" был пылеподъем при проведении земляных работ по обустройству фундамента НБК. В период с 31 мая по 16 июня 2010 г. на

юге локальной зоны объекта "Укрытие" зарегистрировано максимальное за последние 10 лет наблюдений значение концентрации $\Sigma\beta$ -радиоактивных аэрозолей, равное $0,51 \text{ Бк/м}^3$.

Существенное повышение концентрации радиоактивных аэрозолей приводит не только к увеличению ожидаемых ингаляционных доз облучения персонала, но и за счет ветрового переноса и оседания радионуклидов к радиоактивному загрязнению территории. Под действием неблагоприятных метеорологических факторов промплощадка объекта "Укрытие" может стать мощным источником радиоактивного загрязнения ближней 10-километровой зоны. Поэтому необходимо предусмотреть мероприятия по локализации и фиксации радионуклидов на территории локальной зоны.

При проведении работ по преобразованию объекта "Укрытие" и строительству НБК, связанных с пылеподъемом, необходимо, на основании прогнозной оценки метеоусловий, предусматривать как предварительные, так и в течение самих работ мероприятия по пылеподавлению с целью снижения концентрации радиоактивных аэрозолей в зоне производства работ для уменьшения ингаляционных доз облучения персонала.

Экспериментальные данные по интенсивности образования радиоактивных аэрозолей и их характеристик с привязкой к конкретным технологическим операциям, используемой технике, свойствам и загрязнению поверхностей имеют важное значение для корректных расчетов и прогнозирования ингаляционной составляющей облучения персонала.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *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. 57 - 77.
2. *Огородников Б.И.* Происхождение и компоненты радиоактивных аэрозолей на промплощадке объекта «Укрытие» Чернобыльской АЭС // Атомная энергия. – 2002. – Т. 93, № 5. – С. 375 – 383.
3. *Исследование объекта «Укрытие» как источника радиоактивного аэрозоля в приземном слое атмосферы. Разработка регламента контроля неорганизованных выбросов радиоактивного аэрозоля из ОУ: (Заключит. отчет. – Т. 1, ч. 1) / ИАБ УААН. – К. 2003. – 153 с.*
4. *Контроль неорганизованных выбросов из объекта «Укрытие»: (Отчет) / ИПБ АЭС НАН Украины. – № ГР 0106U011832. – Чернобыль, 2006. – 95 с.*
5. *Контроль неорганизованных выбросов из объекта «Укрытие»: (Отчет) / ИПБ АЭС НАН Украины. – № ГР 0108U007658. – Чернобыль, 2008. – 92 с.*
6. *Хан В.Е., Огородников Б.И., Калиновский А.К. и др.* Контроль выбросов радиоактивных аэрозолей из объекта «Укрытие» в 2005 г. // Проблемы безопасности атомных электростанций і Чернобиля. – 2006. – Вип. 6. – С. 84 – 94.
7. *Боровой А.А., Довбенко А.А., Смолянкина М.В., Строганов А.А.* Определение ядерно-физических характеристик топлива 4-го энергоблока ЧАЭС (Отчет) / ИБРАЭ АН СССР. – Инв. № 52/11-20. – М., 1991.
8. *Бегичев С.Н., Боровой А.А., Бурлаков Е.В. и др.* Топливо реактора 4-го блока ЧАЭС. Краткий справочник. – Москва, 1990. – 21 с. – (Препр. / Ин-т атомной энергии им. И. В. Курчатова; 5268/3).
9. *Огородников Б.И., Павлюченко Н.И., Будыка А.К., Краснов В. А.* Пылеобразование в объекте «Укрытие» под воздействием техногенных и природных факторов // Проблемы безопасности атомных электростанций і Чернобиля. – 2005. – Вип. 3, ч. 1. – С. 31 – 44.
10. *Радиационное состояние внешней среды и радиационная безопасность в зоне отчуждения ЧАЭС: (Отчет) / НПО «Припять». – Инв. № 1002. – Чернобыль, 1994.*

О. К. Калиновський, В. О. Краснов, Б. І. Огородников

РАДІОАКТИВНІ АЕРОЗОЛІ В ЛОКАЛЬНІЙ ЗОНІ ОБ'ЄКТА "УКРИТТЯ" В 2009 - 2010 рр.

Наведено концентрації радіоактивних аерозолів у приземному шарі повітря локальної зони об'єкта "Укриття" в період проведення робіт із будівництва фундаменту нового безпечного конфайнмента в 2009 - 2010 рр. Показано, що підвищені в квітні, травні та червні 2010 р. рівні активності аерозолів пов'язані з пилопідйомом, що супроводжував земляні роботи в цей період.

Ключові слова: радіоактивні аерозолі, пилопідйом, γ -спектрометричні вимірювання, метеорологічні фактори, радіонукліди.

**RADIOACTIVE AEROSOLS IN LOCAL AREA OF “UKRYTTYA” OBJECT
DURING 2009 - 2010****O. K. Kalynovsky, V. O. Krasnov, B. I. Ogorodnikov**

The results of radioactive aerosols concentration in surface air layer of “Ukryttya” object local area during the period of NSC basement construction in 2009-2010 are presented. It was demonstrated that increased levels of aerosols activity in April, May and June 2010 were related with dust elevation that accompanied excavation works during this period. The maximum value of β - radioactive aerosols total concentration fixed on the south of local area of the “Ukryttya” object for the period from 31.05 to 16.06.2010 and equal $0,51 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ was the highest for the last 10 years of observation.

Keywords: radioactive aerosols, dust elevation, γ -spectrometry measurement, meteorological factors, radionuclides.

Поступила в редакцию 24.02.11