

## КОНТРОЛЬ ВЫБРОСОВ РАДИОАКТИВНЫХ АЭРОЗОЛЕЙ ИЗ ОБЪЕКТА «УКРЫТИЕ» В 2015 - 2016 гг.

Представлены результаты контроля выбросов радиоактивного аэрозоля из объекта «Укрытие» в 2015 - 2016 гг. Максимальные значения скорости неорганизованного выброса наблюдались в летний период - в 2015 г. - 0,75 МБк/сут, в 2016 г. - 0,93 МБк/сут. Концентрация суммы долгоживущих бета-излучающих аэрозолей, поступавших в атмосферу через систему «Байпас», находилась, как правило, в диапазоне 0,3 – 2 Бк/м<sup>3</sup> (максимальная концентрация 3,9 Бк/м<sup>3</sup>). Их носителями в 2015 г. в большинстве случаев были частицы с активностным медианным аэродинамическим диаметром (АМАД) 1,5 – 10 мкм, а в 2016 г. были преимущественно частицы с АМАД 5,7 – 11 мкм.

*Ключевые слова:* объект «Укрытие», аэрозоли, объемная активность, АМАД.

### Введение

В 2015 - 2016 гг. был продолжен контроль количества и состава радиоактивных аэрозолей, выбрасываемых из объекта «Укрытие» [1, 2]. Начатые 30 лет назад наблюдения остаются важным источником экспериментальных данных, необходимых как для оценки радиационной обстановки внутри объекта «Укрытие» и его влияния на окружающую среду, так и решения задач по созданию нового безопасного конфайнмента (НБК). Необходимо отметить, что в 2016 г. проводились интенсивные строительные-монтажные работы как на самом объекте, так и на территории его локальной зоны (демонтаж строительных конструкций, сооружение западной и восточной стен ограждающего контура НБК, сооружение вспомогательных помещений, перемещение НБК в штатное положение и др.), которые повлияли на радиационную обстановку вблизи объекта «Укрытие».

### Результаты контроля выброса радиоактивных аэрозолей через технологические отверстия и неплотности легкой кровли объекта «Укрытие»

Для оценки неорганизованного выброса радиоактивных аэрозолей через технологические отверстия и неплотности легкой кровли применяли аккумулярующие планшеты из марли. Как и в предыдущие годы, планшеты устанавливали над технологическими люками № 7 (ряд И<sup>+1400</sup>, ось 46<sup>+1300</sup>), № 10 (ряд Л<sup>+700</sup>, ось 46<sup>+1300</sup>), № 13 (ряд К<sup>+700</sup>, ось 48-700) и № 15 (ряд Л<sup>+1300</sup>, ось 48-500). Для удержания аэрозолей марлю предварительно пропитывали нефтепродуктами (литол-24 и масло-разбавитель).

Суммарная площадь отверстий на верхних отметках объекта «Укрытие» для оценки динамики интегрального выброса принималась, как и в предыдущие годы, равной 120 м<sup>2</sup> [3]. При этом площадь проемов в кровле машинного зала и отсутствующего фрагмента кровли над помещением 7001 при расчете не учитывалась. Суммарная площадь демонтированных участков крыши в районе западной стены ограждающего контура НБК в 2016 г. составляла около 1224 м<sup>2</sup>, а в районе восточной – 324 м<sup>2</sup> [2].

На рис. 1 представлена динамика среднесуточной скорости неорганизованных выбросов суммы долгоживущих бета-излучающих нуклидов ( $\Sigma\beta$ )-продуктов Чернобыльской аварии через неплотности на верхних отметках объекта «Укрытие» в 2014 – 2016 гг., а на рис. 2 - динамика неорганизованного выброса  $\Sigma\beta$  из объекта «Укрытие» в период 2008 – 2016 гг.  $\Sigma\beta$  включает изотопы <sup>137</sup>Cs, <sup>90</sup>Sr + <sup>90</sup>Y, <sup>241</sup>Pu. Содержание изотопов <sup>90</sup>Sr + <sup>90</sup>Y определялось расчетным методом с использованием коэффициента пропорциональности с активностью <sup>241</sup>Am для базового состава облученного топлива 4-го энергоблока на момент измерения [4 - 6]. Активность <sup>241</sup>Am определялась гамма-спектрометрическим методом.

Повышение выброса в 2011 г. по сравнению с предыдущим годом обусловлено отличием метеорологических параметров в зимний период и проведением работ по обустройству и монтажу новой вентиляционной трубы (НВТ). Эти работы включали демонтаж участка крыши (долбление, резка бетона), монтаж металлических конструкций (сварка, резка). Сотрясения от этих работ передавались на конструкции подкровельного пространства и приводили к генерации аэрозоля. Это внесло дополнительный вклад в общую величину неорганизованного выброса аэрозоля.

© А. С. Лагуненко, В. Е. Хан, А. К. Калиновский,  
В. А. Краснов, В. А. Кашпур, С. А. Довыдьков, 2017

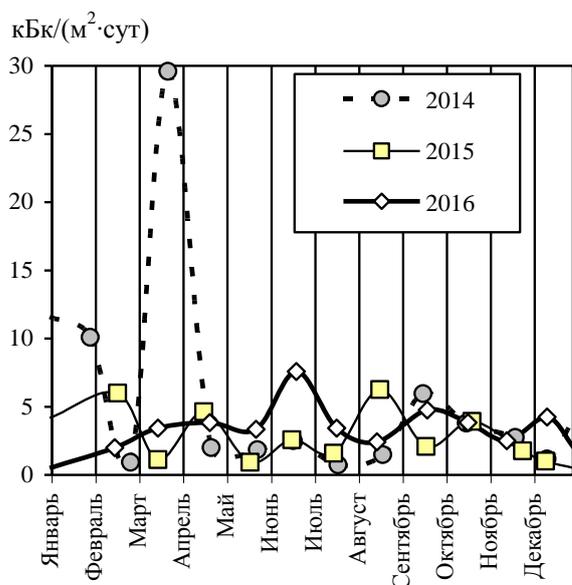


Рис. 1. Динамика среднесуточной скорости неорганизованных выбросов  $\Sigma\beta$  через неплотности на верхних отметках объекта «Укрытие» в 2014 – 2016 гг.

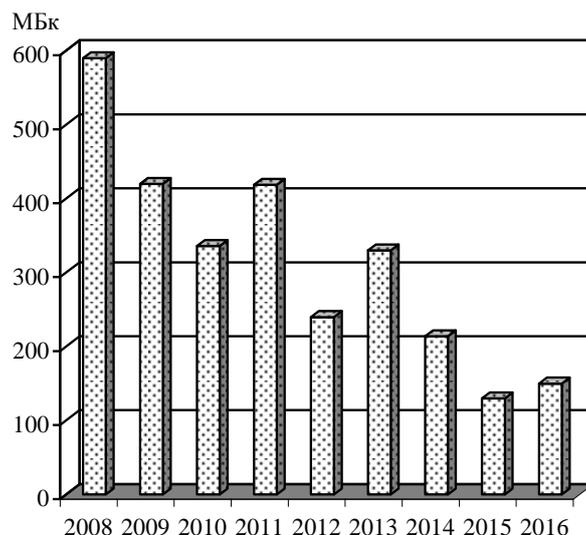


Рис. 2. Динамика неорганизованного выброса  $\Sigma\beta$  из объекта «Укрытие» в 2008 – 2016 гг.

Существенное повышение выброса в 2013 г. по сравнению с 2012 г. вызвано проведением работ по демонтажу вентиляционной трубы ВТ-2.

Неорганизованный выброс в 2015 г. был наименьшим за все годы наблюдений и составил по альфа- и бета-активности 1,9 и 130 MBq соответственно. Сумма альфа-излучателей включает изотопы  $^{240}\text{Pu}$ ,  $^{239}\text{Pu}$ ,  $^{238}\text{Pu}$ ,  $^{241}\text{Am}$ . Активность изотопов плутония определялась расчетным методом с использованием коэффициента пропорциональности между плутонием и  $^{241}\text{Am}$  для базового состава облученного топлива 4-го энергоблока на момент измерения. Максимальная скорость выброса  $\Sigma\beta$  из объекта «Укрытие» пришлось на летний период 2015 г. и достигла 0,75 MBq/сут при экспозиции планшетов с 4 августа по 1 сентября (см. рис. 1). Максимальная скорость выброса  $\Sigma\beta$  в холодный период года составила 0,72 MBq/сут.

В 2016 г. неорганизованный выброс из объекта «Укрытие» альфа-излучающих аэрозолей был равен 2,4 MBq, а  $\Sigma\beta$  – 150 MBq. Максимальная скорость выброса  $\Sigma\beta$ , как и в 2015 г., пришлось на летний период с 7 июня по 5 июля и достигла 0,93 MBq/сут (см. рис. 1), что связано с демонтажем строительных конструкций при сооружении ограждающего контура НБК. Сравнительный анализ соотношений активностей радионуклидов в аэрозолях выбросов с расчетными отношениями для базового состава топлива 4-го блока показывает, что среднегодовое значение отношений активностей  $^{241}\text{Am}/^{154}\text{Eu} = 7,6$  и совпадает с расчетной величиной для базового состава облученного топлива 4-го блока (расхождение менее 6%). Следовательно, трансформация топливных частиц в объекте «Укрытие» происходит медленно и выход из них  $^{241}\text{Am}$  и  $^{154}\text{Eu}$  незначителен. Превышения средних отношений  $^{137}\text{Cs}/^{154}\text{Eu}$  и  $^{137}\text{Cs}/^{241}\text{Am}$  в аэрозоле над расчетными значениями существенны, что указывает на их обогащение  $^{137}\text{Cs}$ .

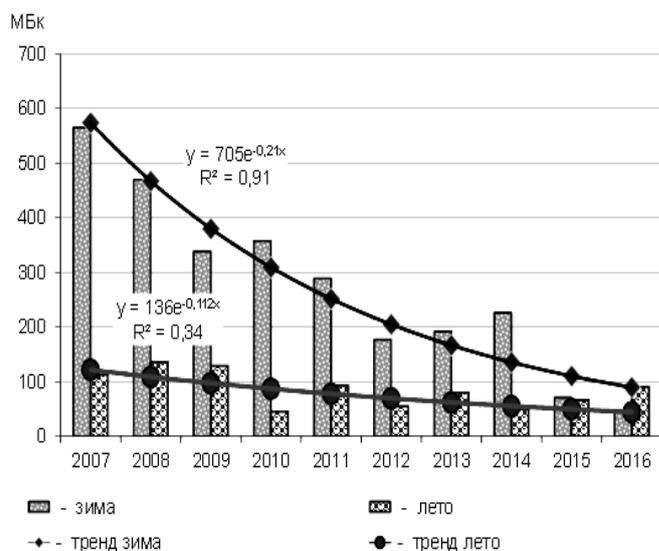


Рис. 3. Динамика объемов неорганизованных выбросов  $\Sigma\beta$  через неплотности на верхних отметках объекта в холодный и теплый периоды с 2007 по 2016 г.

Для разграничения влияния природных и техногенных факторов на неорганизованный выброс радиоактивного аэрозоля проанализированы результаты наблюдений в зимний и летний периоды в 2007 – 2016 гг. (рис. 3). Так как зимой на легкой кровле и верхних отметках

объекта «Укрытие» практически не проводилось никаких технологических работ, то и влияние техногенного фактора минимально. Зимой температура внутри объекта «Укрытие» выше, чем в окружающей среде, что приводит к движению воздушных потоков из объекта «Укрытие» наружу [7] и понижению относительной влажности воздуха в помещениях объекта. Чем больше разность температур (внутри и вне объекта), тем выше скорость неорганизованного выброса аэрозоля. Летом внутри объекта «Укрытие» температура ниже, чем в окружающей среде. Следовательно, при попадании теплого воздуха вовнутрь происходит конденсация влаги на строительных конструкциях. В то же время именно в теплый период выполнялись практически все технологические и строительно-монтажные работы, приводящие к генерации значительного количества радиоаэрозоля.

Данные наблюдений, отображенные на рис. 3, хорошо аппроксимируются экспоненциальными уравнениями: в зимний период  $C(x) = (563 \pm 32) \cdot \exp(- (0,19 \pm 0,027) \cdot x)$ , а в летний период  $C(x) = (136 \pm 25) \cdot \exp(- (0,14 \pm 0,08) \cdot x)$ , где  $C(x)$  – суммарный выброс радиоактивного аэрозоля;  $x$  – год наблюдения после 2007 г. Из регрессионного анализа следует, что для летнего периода коэффициент детерминации, равный 0,34, существенно ниже, чем для холодного периода (0,91). При этом относительное отклонение расчетных данных от экспериментальных для зимнего периода не превышает 10 % и возрастает для летнего периода до 25 %. Очевидно, это связано с техногенной деятельностью в объекте «Укрытие». Например, в 2010 г. в объекте «Укрытие» практически не велось никаких строительно-монтажных работ и годовой выброс был минимальным – 46 МБк. Но в следующем году, в результате проведения работ по обустройству и монтажу НВТ [8], выброс возрос практически в два раза.

### Результаты контроля выброса радиоактивных аэрозолей в системе «Байпас»

В 2015 - 2016 гг. были продолжены начатые в 2002 г. наблюдения за концентрациями и дисперсным составом радиоактивного аэрозоля, поступающего из центрального зала объекта «Укрытие» в атмосферу через систему «Байпас» и НВТ («организованный» выброс) [1, 2].

#### Организация и выполнение отбора проб аэрозолей

Пробы аэрозоля из системы «Байпас» отбирали через люк, имеющийся в помещении 2016/2 (3-й блок ЧАЭС, высотная отметка +45,00) (рис. 4).

До 2015 г. для отбора проб использовали трехслойные волокнистые фильтры Петрянова [9]. С 2015 г. отбор частиц аэрозолей и их классификацию по размерам проводили с помощью 5-каскадного импактора ИБФ-5К. Устройство осуществляет сортировку аэрозольных частиц по пяти диапазонам аэродинамического диаметра (АД): < 0,5 мкм; 0,5 – 1,2 мкм; 1,2 – 3,7 мкм; 3,7 – 8,5 мкм; 8,5 – 17,0 мкм. В качестве пятой ступени (< 0,5 мкм) используется тонкодисперсный фильтр, что позволяет более полно улавливать аэрозоли субмикронного размера.

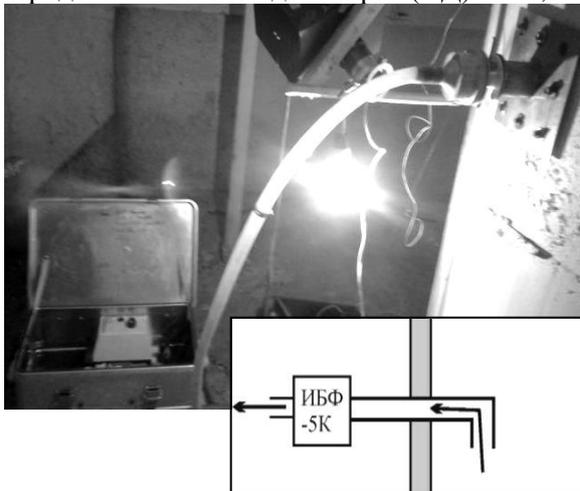


Рис. 4. Отбор проб аэрозоля импактором ИБФ-5К в системе «Байпас».

Концентрация  $\Sigma\beta$  изменялась в 2015 г. от 0,18 до 2,2 Бк/м<sup>3</sup>. Среднее значение составило 0,7 Бк/м<sup>3</sup>, при этом стандартное отклонение составило 0,6 Бк/м<sup>3</sup>. Минимальная величина  $\Sigma\beta$  (0,18 Бк/м<sup>3</sup>) практически совпала с тем, что наблюдали ранее (0,15 Бк/м<sup>3</sup> в 2014 г., 0,16 Бк/м<sup>3</sup> в 2013 г.).

В 2016 г. концентрация  $\Sigma\beta$  изменялась от 0,34 до 3,9 Бк/м<sup>3</sup>. Среднее значение составило 1,3 Бк/м<sup>3</sup>, при этом стандартное отклонение составило 0,8 Бк/м<sup>3</sup>. Следует отметить, что в 2016 г. заре-

По результатам гамма-спектрометрических измерений рассчитывали объемную активность  $\Sigma\beta$  исходя из соотношений радионуклидов с <sup>241</sup>Am в базовом составе топлива 4-го блока на момент измерений [4, 5].

#### Концентрация аэрозоля-носителя продуктов аварии 4-го блока ЧАЭС

Результаты наблюдений динамики объемной активности  $\Sigma\beta$  в системе "Байпас" за период сентябрь 2003 г. – декабрь 2016 г. представлены на рис. 5. Линия тренда, имеющая экспоненциальный характер, показывает уменьшение объемной активности  $\Sigma\beta$  в выбросах через систему "Байпас".

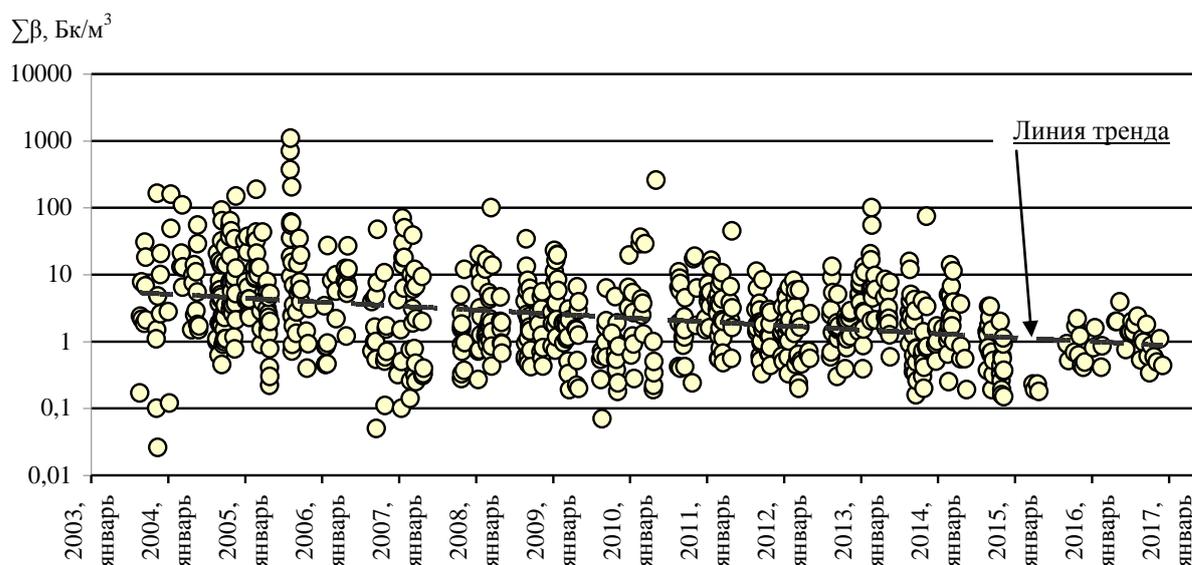


Рис. 5. Динамика объемной активности  $\Sigma\beta$  в системе «Байпас» объекта «Укрытие».

гистрированная минимальная величина  $\Sigma\beta$  ( $0,34 \text{ Бк/м}^3$ ) примерно в 2 раза выше значений, которые наблюдали в 2013 – 2015 гг. ( $0,15 - 0,18 \text{ Бк/м}^3$ ). Наиболее высокая объемная активность аэрозоля в 2016 г. наблюдалась в пробе, отобранной 7 июня ( $3,9 \text{ Бк/м}^3$ ).

Наблюдается устойчивая тенденция к снижению величины разброса абсолютных значений  $\Sigma\beta$  от среднего. В 2004 г. среднее  $\Sigma\beta$  составило  $30 \pm 17 \text{ Бк/м}^3$ , в 2016 г. среднее  $\Sigma\beta$  составило  $1,3 \pm 0,8 \text{ Бк/м}^3$ . Таким образом, за период 2004 – 2016 гг. величина разброса значений уменьшилась почти в 30 раз.

Для большинства проб в 2015 г. средние значения  $^{137}\text{Cs}/^{241}\text{Am}$  составили 59, а в 2016 г. – 62. Среднее значение отношения концентраций  $^{137}\text{Cs}$  и  $\Sigma\beta$  составило 0,55, а в 2016 г. величина  $^{137}\text{Cs}/\Sigma\beta = 0,53$  г.

Таким образом, в составе  $\Sigma\beta$ , выбрасываемой через систему «Байпас» в атмосферу в период 2015 – 2016 гг., примерно половина приходилась на  $^{137}\text{Cs}$ .

#### Дисперсность радиоактивных аэрозолей

В табл. 1 представлены результаты определения дисперсного состава аэрозоля-носителя  $^{137}\text{Cs}$ , полученные в период наблюдений 2015 – 2016 гг. [1, 2]. На рис. 6 и 7 представлены гистограммы распределения активности изотопа  $^{137}\text{Cs}$  по АД.

АМАД аэрозоля, определенный по активности  $^{137}\text{Cs}$ , в весенний период 2015 г. находился в диапазоне от 1,5 до 2,1 мкм со средним значением 1,9 мкм, а в осенний период – в диапазоне от 1,6 до 10,3 мкм со средним значением 7,5 мкм (рис. 8).

АМАД частиц-носителей  $^{137}\text{Cs}$  в 2016 г. изменялся в диапазоне от 5,7 до 11 мкм; минимальное значение 5,7 мкм отмечено в период 21.06 – 05.07; максимальное значение 11 мкм отмечено в период 01 – 08.12; среднее значение – 9,9 мкм.

Таблица 1. Дисперсный состав аэрозоля-носителя  $^{137}\text{Cs}$

Год	Значение	Объемная активность в диапазонах АД, мБк/м <sup>3</sup>				
		17 – 8,5 мкм	8,5 – 3,7 мкм	3,7 – 1,2 мкм	1,2 – 0,5 мкм	< 0,5 мкм
2015	макс.	490,0	140,0	91,0	34,0	100,0
	мин.	22,0	17,0	14,0	8,1	1,9
	ср. знач.	189,6	54,8	39,6	21,4	36,5
	ст. отклон.	162,2	40,8	27,1	10,3	30,2
2016	макс.	1300,0	360,0	220,0	91,0	94,0
	мин.	110,0	19,0	14,0	11,0	2,4
	ср. знач.	414,0	94,6	72,8	34,6	23,3
	ст. отклон.	274,1	69,3	55,1	24,6	23,1

На рис. 9 представлены среднегодовые значения АМАД частиц-носителей  $^{137}\text{Cs}$  в системе «Байпас» за период 2005 – 2016 гг. В 2014 г. размер частиц-носителей продуктов Чернобыльской

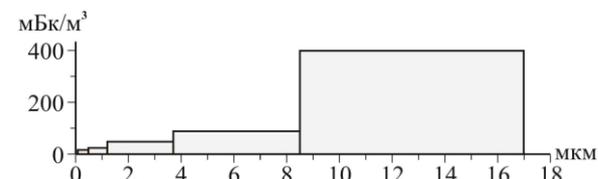


Рис. 6. Дисперсный состав аэрозоля-носителя <sup>137</sup>Cs в системе «Байпас» в период 23 – 29.09.2015.

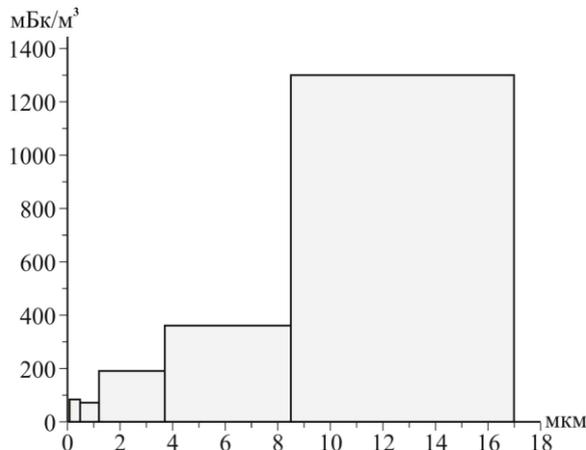


Рис. 7. Дисперсный состав радиоактивного аэрозоля <sup>137</sup>Cs в системе «Байпас» в период 31.05 – 07.06.2016.

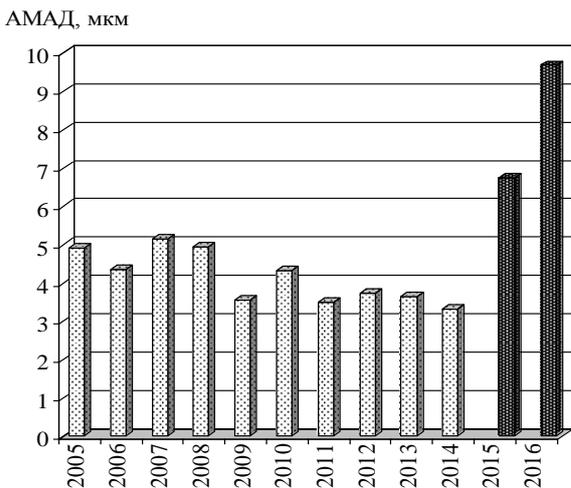


Рис. 9. Среднегодовые значения АМАД частиц-носителей <sup>137</sup>Cs в системе «Байпас».

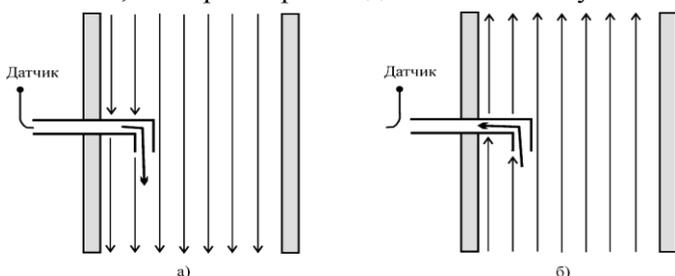


Рис. 10. Схема определения направления воздушного потока в системе «Байпас»: а – внутрь; б – наружу.

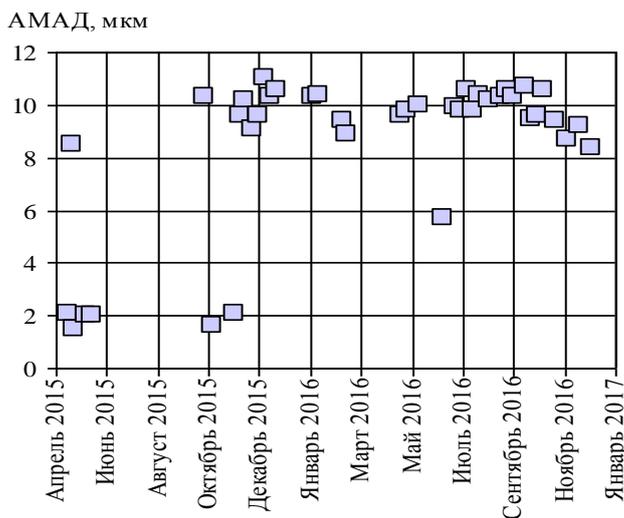


Рис. 8. АМАД носителей радионуклидов-продуктов Чернобыльской аварии в системе «Байпас» объекта «Укрытие» в 2015 – 2016 гг.

аварии, выбрасываемых из объекта «Укрытие» в атмосферу, оставался практически таким же, как на протяжении предыдущих 10 лет [3, 9 - 14]. Как видно на рисунке, в 2015 – 2016 гг. произошло увеличение АМАД, явившееся следствием работ, проводимых на объекте «Укрытие» по созданию ограждающего контура НБК.

**Наблюдение за вентиляционным потоком в системе «Байпас»**

В конце августа 2013 г. было перекрыто устье вентиляционной трубы ВТ-2 и воздушные потоки пошли через НВТ. Устье НВТ смещено на 25 м юго-восточнее устья ВТ-2. НВТ имеет меньший диаметр (газоотводящий ствол НВТ имеет диаметр 6 м, ВТ-2 – 9 м) и на 25 м ниже старой вентиляционной трубы. В сравнении с ВТ-2 НВТ создает меньшую тягу, что уменьшило величину организованного выноса радиоактивных аэрозолей через систему "Байпас" объекта "Укрытие", обусловленную разностями температур внутри и снаружи 4-го блока.

С декабря 2015 г. производились наблюдения за направлением воздушного потока в системе «Байпас». Контроль направления воздушного потока осуществлялся в дни замены импактора (рис. 10). Наблюдения в декабре 2015 г. – ноябре 2016 г. показали, что при широком диапазоне метеоусловий тяга воздуха в систему «Байпас» не только прекращалась, но и была направлена внутрь объекта (табл. 2). Направление потока воздуха внутрь наблюдалось и в предыдущие годы, причем преимущественно в весенний период, когда возникали значительные разности температур внутри и снаружи объекта «Укрытие».

Как следует из табл. 2 за время наблюдений было зарегистрировано 35 случаев направления воздушного потока «внутри» и 11 случаев – «наружу».

**Таблица 2. Результаты наблюдений за направлением воздушного потока в системе "Байпас" в дни смены фильтров (перезарядки) импактора ИБФ-5К за период декабрь 2015 г. – ноябрь 2016 г.**

Дата	Направление воздушных потоков		Метеоусловия в непосредственной близости от НВТ
	наружу	внутри	
01.12.15	наружу ↑		ясно, безоблачно, T = -13°C, штиль, P* = 743 мм рт. ст.
09.12.15		внутри ↓	пасмурно, T = -2°C, штиль, P = 767 мм рт. ст.
16.12.15		внутри ↓	перем. облач., T = +3°C, сыро, ветер В 0 – 1 м/с, P = 763 мм рт. ст.
23.12.15		внутри ↓	перем. облачность, T = +6°C, сыро, ветер 3 5 – 8 м/с, порывистый, P = 753 мм рт. ст.
26.01.16		внутри ↓	пасмурно, T = -6°C, штиль, ветер ЮВ 1 – 2 м/с, P = 759 мм рт. ст.
02.02.16		внутри ↓	пасмурно, дождь, сыро, T = +3°C, ветер ЮЗ 2 – 3 м/с, P = 746 мм рт. ст.
09.02.16	наружу ↑		облачно, T = +2°C, порывистый ветер Ю 4 – 5 м/с, P = 750 мм рт. ст.
16.02.16		внутри ↓	пасмурно, сыро, T = +6°C, ветер 3 3 – 4 м/с, P = 753 мм рт. ст.
23.02.16		внутри ↓	пасмурно, сыро, T = +6°C, ветер ЮЗ 1 – 2 м/с, P = 745 мм рт. ст.
03.03.16		внутри ↓	пасмурно, сыро, T = 0°C, ветер С 0 – 1 м/с, P = 748 мм рт. ст.
10.03.16	наружу ↑		перем. облач., сыро, T = +9°C, ветер В 0 – 1 м/с, P = 755 мм рт. ст.
15.03.16		внутри ↓	перем. облач., сухо, T = +2°C, ветер СВ 0 – 1 м/с, P = 759 мм рт. ст.
22.03.16		внутри ↓	пасмурно, сыро, T = +9°C, ветер В 1 – 3 м/с, P = 743 мм рт. ст.
29.03.16		внутри ↓	пасмурно, сыро, T = +2°C, ветер ЮВ 2 – 3 м/с, P = 750 мм рт. ст.
05.04.16	наружу ↑		ясно, сухо, T = +18°C, ветер Ю 3 – 4 м/с, P = 751 мм рт. ст.
12.04.16		внутри ↓	переменная облачность, T = +20°C, штиль, P = 749 мм рт. ст.
19.04.16	наружу ↑		ясно, перем. облач., T = +18°C, ветер 3 1 – 2 м/с, P = 751 мм рт. ст.
27.04.16		внутри ↓	ясно, безоблачно, сыро, T = +12°C, ветер СЗ 1 – 2 м/с, P = 749 мм рт. ст.
11.05.16	наружу ↑		ясно, безоблачно, сухо, T = +21°C, ветер ЮВ 0 – 1 м/с, P = 751 мм рт. ст.
18.05.16	наружу ↑		ясно, безоблачно, сухо, T = +13°C, ветер СЗ 1 – 2 м/с, P = 759 мм рт. ст.
24.05.16	наружу ↑		пасмурно, T = +22°C, ветер СВ 2 – 3 м/с, P = 747 мм рт. ст.
31.05.16	наружу ↑		пасмурно, T = +21°C, ветер В 2 – 3 м/с, P = 749 мм рт. ст.
07.06.16		внутри ↓	ясно, малооблачно, T = +20°C, ветер С 1 – 2 м/с, P = 766 мм рт. ст.
21.06.16		внутри ↓	ясно, сухо, жара, T = +28°C, ветер Ю-ЮВ 2 – 4 м/с, P = 757 мм рт. ст.
05.07.16		внутри ↓	ясно, незнач. облач., сухо, T = +25°C, ветер ЮЗ 1 – 3 /с, P = 752 мм рт. ст.
12.07.16		внутри ↓	ясно, безоблачно, сухо, T = +25°C, штиль, P = 749 мм рт. ст.
19.07.16		внутри ↓	перем. облач., T = +25°C, ветер 3 3 – 8 м/с, P = 746 мм рт. ст.
26.07.16		внутри ↓	ясно, безоблачно, сухо, жарко, T = +28°C, штиль, P = 760 мм рт. ст.
02.08.16		внутри ↓	перем. облач., сыро после дождя, T = +28°C, почти штиль, P = 760 мм рт. ст.
09.08.16		внутри ↓	ясно, безоблачно, сухо, тепло, T = +20°C, ветер Ю, 1 – 2 м/с, P = 765 мм рт. ст.
16.08.16		внутри ↓	перем. облач., сухо, T = +20°C, ветер ЮЗ 1 – 2 м/с, P = 751 мм рт. ст.
30.08.16	наружу ↑		перем. облач., сухо, T = +20°C, ветер 3, 1 – 2 м/с, P = 760 мм рт. ст.
06.09.16		внутри ↓	ясно, безоблачно, сухо, T = +20°C, ветер СЗ 1 – 2 м/с, P = 755 мм рт. ст.
13.09.16		внутри ↓	ясно, безоблачно, сухо, T = +16°C, ветер 3, 1 – 2 м/с, P = 751 мм рт. ст.
20.09.16		внутри ↓	пасмурно, сухо, T = +14°C, ветер СЗ, 1 – 2 м/с, P = 749 мм рт. ст.
27.09.16		внутри ↓	пасмурно, сыро, T = +11°C, ветер С, 1 – 2 м/с, P = 758 мм рт. ст.
04.10.16		внутри ↓	пасмурно, сыро, T = +15°C, штиль, P = 751 мм рт. ст.
11.10.16		внутри ↓	пасмурно, сыро, T = +8°C, ветер В, 1 – 2 м/с, P = 753 мм рт. ст.
18.10.16		внутри ↓	пасмурно, сыро, T = +4°C, ветер ЮВ, 1 – 2 м/с, P = 765 мм рт. ст.
25.10.16		внутри ↓	пасмурно, дождь, снег, T = +1°C, ветер ЮВ 2 – 4 м/с, P = 776 мм рт. ст.
01.11.16		внутри ↓	пасмурно, снег, T = -2°C, ветер ЮВ, 3 – 5 м/с, P = 767 мм рт. ст.
08.11.16		внутри ↓	пасмурно, сыро, мокро, без осадков, T = +8°C, штиль, P = 760 мм рт. ст.
15.11.16		внутри ↓	пасмурно, приморозь, T = -3°C, ветер ЮЗ 1 – 2 м/с, P = 774 мм рт. ст., начало надвигки «Арки»
22.11.16		внутри ↓	пасмурно, сухо, приморозь, T = -1°C, ветер ЮЗ 2 – 3 м/с, P = 777 мм рт. ст., надвигка «Арки» продолжается
30.11.16		внутри ↓	ясно, малооблачно, T = -12°C, ветер ЮЗ, 1 – 2 м/с, P = 767 мм рт. ст.

Несмотря на то, что контроль направления воздушного потока в системе «Байпас» носил эпизодический характер, динамика  $\Sigma\beta$  в системе "Байпас" коррелирует с результатами наблюдений за направлением воздушного потока (рис. 11).

### Заключение

Интегральная оценка неорганизованного выброса суммы альфа- и бета-излучающих нуклидов с аэрозолями через отверстия и проемы на верхних отметках объекта «Укрытие» в 2015 г. составила 1,9 и 130 МБк соответственно. По сравнению с предыдущим годом (3,0 и 210 МБк - в 2014 г.) выброс радиоактивного аэрозоля существенно снизился. Максимальная скорость выброса  $\Sigma\beta$  из объекта «Ук-

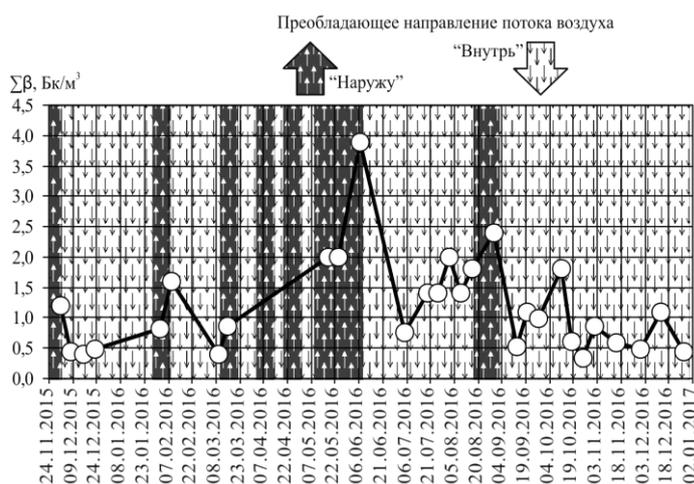


Рис. 11. Динамика изменения  $\Sigma\beta$  в системе «Байпас» за период декабрь 2015 г. – ноябрь 2016 г.

ции  $\Sigma\beta$  в системе «Байпас» в 2016 г. является следствием работ, производимых на объекте «Укрытие» по созданию ограждающего контура НБК. При этом наблюдалось повышение АД частиц-носителей  $\Sigma\beta$ .

рытие» в 2015 г. была наименьшей среди максимальных значений предыдущих годов (2012 – 2014 гг.) и составила 0,75 МБк/сут.

Неорганизованный выброс суммы альфа-, и бета-излучающих нуклидов с аэрозолями через отверстия и проемы на верхних отметках объекта «Укрытие» в 2016 г. составил 2,4 и 150 МБк соответственно (без учета выноса радиоаэрозоля через демонтированную кровлю машинного зала 4-го блока). Максимальная скорость выброса  $\Sigma\beta$  из объекта «Укрытие» в 2016 г. пришлось на период экспозиции планшетов с 7 июня по 5 июля и составила 0,93 МБк/сут, что на 20 % превышает максимальное значение в 2015 г.

До 2015 г. наблюдалась устойчивая тенденция к снижению концентрации  $\Sigma\beta$  в системе «Байпас». Повышение концентра-

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Контроль* неорганизованных выбросов из объекта «Укрытие» и аэрозольной обстановки во время строительства НБК : (Отчет) / ИПБ АЭС НАН Украины. – Чернобыль, 2015. – 182 с. – № ГР 0115U005356 ; Учет. № 0216U000012.
2. *Контроль* неорганизованных выбросов из объекта «Укрытие» и аэрозольной обстановки во время строительства НБК : (Отчет) / ИПБ АЭС НАН Украины. – Чернобыль, 2016. – 199 с. – № ГР 0116U007397 ; Учет. № 0217U002045.
3. *Контроль* выбросов радиоактивных аэрозолей из объекта «Укрытие» в 2014 г. / В. Е. Хан, Б. И. Огородников, А. К. Калиновский, В. А. Краснов // Проблемы безопасности атомных электростанций і Чернобиля. – 2015. – Вип. 22. – С. 110 – 121.
4. *Радиационно-физические* характеристики топлива 4-го энергоблока ЧАЭС и оценка их погрешности : справочник / А. А. Боровой, А. А. Довбенко, В. М. Маркушев и др. // КЭ при ИАЭ им. И. В. Курчатова. – Инв. № 11.07-06/172. – Чернобыль, 1989. – 115 с.
5. *Определение* ядерно-физических характеристик топлива 4-го энергоблока ЧАЭС : (Отчет) / ИБРАЭ АН СССР. – Инв. № 52/11-20. – М., 1991.
6. *Калиновский А. К.* Фракционирование радионуклидов в аэрозолях локальной зоны объекта «Укрытие» по результатам радиохимического выделения / А. К. Калиновский, А. А. Одинцов, Л. Б. Чикур // Проблемы безопасности атомных электростанций і Чернобиля. – 2016. – № 26. – С. 90 – 96.
7. *Контроль* неорганизованных выбросов из объекта «Укрытие» / А. А. Боровой, В. А. Краснов, Н. И. Павлюченко и др. // Проблемы Чернобиля. – 2003. – Вип. 12. – С. 126 – 141.
8. *Контроль* неорганизованных выбросов из объекта «Укрытие» : (Отчет) / ИПБ АЭС НАН Украины. – № ГР 0111U008934 ; Учет. № 0712U006084. – Чернобыль, 2011. – 66 с.
9. *Огородников Б. И.* Радиоактивные аэрозоли объекта «Укрытие»: 1986 – 2006 гг. / Б. И. Огородников, Э. М. Пазухин, А. А. Ключников. – Чернобыль : ИПБ АЭС НАН Украины. – 2008. – 456 с.
10. *Контроль* выбросов радиоактивных аэрозолей из объекта «Укрытие» в 2009 г. / В. Е. Хан, Б. И. Огородников, А. К. Калиновский, В. А. Краснов // Проблемы безопасности атомных электростанций і Чернобиля. – 2010. – Вип. 13. – С. 111 – 122.
11. *Контроль* выбросов радиоактивных аэрозолей из объекта «Укрытие» в 2010 г. / В. Е. Хан, Б. И. Огородников, А. К. Калиновский, В. А. Краснов // Там же. – 2011. – Вип. 17. – С. 98 – 105.
12. *Контроль* выбросов радиоактивных аэрозолей из объекта «Укрытие» в 2011 г. / В. Е. Хан, Б. И. Огородников, А. К. Калиновский, В. А. Краснов // Там же. – 2012. – Вип. 19. – С. 94 – 103.
13. *Контроль* выбросов радиоактивных аэрозолей из объекта «Укрытие» в 2012 г. / В. Е. Хан, Б. И. Огородников, А. К. Калиновский, В. А. Краснов // Там же. – 2013. – Вип. 21. – С. 107 – 116.
14. *Контроль* выбросов радиоактивных аэрозолей из объекта «Укрытие» в 2013 г. / В. Е. Хан, Б. И. Огородников, А. К. Калиновский, В. А. Краснов // Там же. – 2014. – Вип. 22. – С. 110 – 121.

**О. С. Лагуненко, В. Е. Хан, О. К. Калиновський, В. О. Краснов, В. О. Кашпур, С. А. Довидьков**

*Інститут проблем безпеки АЕС НАН України, вул. Кірова, 36а, Чорнобиль, 07270, Україна*

### **КОНТРОЛЬ ВИНЕСЕННЯ РАДІОАКТИВНИХ АЕРОЗОЛІВ З ОБ'ЄКТА «УКРИТТЯ» У 2015 – 2016 рр.**

Наведено результати контролю викиду радіоактивного аерозолу з об'єкта «Укриття» в 2015 - 2016 рр. Максимальні значення швидкості неорганізованого викиду спостерігалися в літній період: у 2015 р. - 0,75 МБк/добу, у 2016 р. - 0,93 МБк/добу. Концентрація суми довгоживучих бета-випромінюючих аерозолів, що надходили в атмосферу через систему «Байпас», знаходилася, як правило, у діапазоні 0,3 – 2 Бк/м<sup>3</sup> (максимальна концентрація 3,9 Бк/м<sup>3</sup>). Їхніми носіями у 2015 р. у більшості випадків були частинки з медіанним за активністю аеродинамічним діаметром (АМАД) 1,5 - 10 мкм, у 2016 р. були переважно частинки з АМАД 5,7 – 11 мкм.

*Ключові слова:* об'єкт «Укриття», аерозолі, об'ємна активність, АМАД.

**A. S. Lagunenکو, V. E. Khan, A. K. Kalinovskiy, V. A. Krasnov, V. O. Kashpur, S. A. Dovydkov**

*Institute for Safety Problems of Nuclear Power Plants, NAS of Ukraine, 36a, Kirova str., Chornobyl, 07270, Ukraine*

### **CONTROL OF RELEASES OF RADIOACTIVE AEROSOLS FROM OBJECT “UKRYTTYA” IN 2015 - 2016**

The results of control of radioactive particles emission are presented from the object “Ukryttya” in 2015 - 2016. The maximal rate of the of unorganized emissions was observed in the summer period: in 2015 - 0.75 MBq/day, in 2016 - 0.93 MBq/day. The concentration of long-lived beta-radiating aerosols released in atmosphere from system “Bypass” was within the range 0.3 - 2 Bq/m<sup>3</sup> (maximum concentration 3.9 Bq/m<sup>3</sup>). Their carriers were particles with active median aerodynamic diameter (AMAD) 1.5-10 μm, and in 2016 were predominantly particles with AMAD 5.7 – 11 μm.

*Keywords:* object “Ukryttya”, aerosols, volume activity, AMAD.

#### REFERENCES

1. *Control of unorganized releases from "Ukryttya" object and the aerosol situation during the construction of the NSC: (Report) // ISP NPP NAS Ukraine. - Chornobyl, 2015. - 182 p. - No. GR 0115U005356 ; Accounting No. 0216U000012. (Rus)*
2. *Control of unorganized releases from "Ukryttya" object and the aerosol situation during the construction of the NSC : (Report) // ISP NPP NAS Ukraine. - Chornobyl, 2016. - 199 p. - No. GR 0116U007397 ; Accounting No. 0217U002045. (Rus)*
3. *Control of releases of radioactive aerosols from "Ukryttya" object in 2014 / V. E. Khan, B. I. Ogorodnikov, A. K. Kalinovskiy, V. A. Krasnov // Problemy bezpeky atomnykh electrostantsiy i Chornobylya (Problems of Nuclear Power Plants' Safety and of Chornobyl). - 2014. - Iss. 22. - P. 110 – 121. (Rus)*
4. *Radiation-physical characteristics of the fuel of the 4th power unit of the Chornobyl NPP and estimation of their error : reference book / A. A. Borovoi, A. A. Dovbenko, V. M. Markushev et al. // CE at the IAE im. I. V. Kurchatov. - Inv. № 11.07-06/172. - Chornobyl, 1989. - 115 p. (Rus)*
5. *Determination of the nuclear-physical characteristics of the fuel of the 4th power unit of the ChNPP : (Report) / A. A. Borovoy, A. A. Dovbenko, M. V. Smolyankina, A. A. Stroganov / IBRAE AN USSR. - Inv. No. 52 / 11-20. - Moskva, 1991. (Rus)*
6. *Kalynovsky O. K. Fractionation of radionuclides in aerosols local area object “Ukryttya” by results radiochemical separation / O. K. Kalynovsky, O. O. Odintsov, L. B. Chikur // Problemy bezpeky atomnykh electrostantsiy i Chornobylya (Problems of Nuclear Power Plants' and of Chornobyl). - 2016. - Iss. 26. - P. 90 – 96. (Rus)*
7. *Control of unorganized releases from the "Ukryttya" object / A. A. Borovoy, V. A. Krasnov, N. I. Pavlyuchenko et al. // Problemy Chornobylya (Problems of Chornobyl). - 2003. - Iss. 12. - P. 126 – 141. (Rus)*
8. *Control of unorganized releases from "Ukryttya" object : (Report) // ISP NPP NAS Ukraine. - GR No. 0111U008934 ; Accounting No. 0712U006084. - Chornobyl, 2011. - 66 p. (Rus)*
9. *Ogorodnikov B. I. Radioactive aerosols of the Shelter: 1986 - 2006 years : monograph / B. I. Ogorodnikov, E. M. Pazukhin, A. A. Klyuchnikov. - Chornobyl : National Academy of Sciences of Ukraine. Institute for Safety Problems of NPP, 2008. - 456 p. (Rus)*
10. *Control of releases of radioactive aerosols from "Ukryttya" object in 2009 / V. E. Khan, B. I. Ogorodnikov, A. K. Kalinovskiy, V. A. Krasnov // Problemy bezpeky atomnykh electrostantsiy i Chornobylya (Problems of Nuclear Power Plants' and of Chornobyl). - 2010. - Iss. 13. - P. 111 – 122. (Rus)*

11. *Control* of releases of radioactive aerosols from "Ukryttya" object in 2010 / V. E. Khan, B. I. Ogorodnikov, A. K. Kalinovskiy, V. A. Krasnov // *Problemy bezpeky atomnykh electrostantsiy i Chornobylya* (Problems of Nuclear Power Plants' and of Chornobyl). – 2011. – Iss. 17. – P. 98 – 105. (Rus)
12. *Control* of releases of radioactive aerosols from "Ukryttya" object in 2011 / V. E. Khan, B. I. Ogorodnikov, A. K. Kalinovskiy, V. A. Krasnov // *Problemy bezpeky atomnykh electrostantsiy i Chornobylya* (Problems of Nuclear Power Plants' and of Chornobyl). – 2012. – Iss. 19. – P. 94 – 103. (Rus)
13. *Control* of releases of radioactive aerosols from "Ukryttya" object in 2012 / V. E. Khan, B. I. Ogorodnikov, A. K. Kalinovskiy, V. A. Krasnov // *Problemy bezpeky atomnykh electrostantsiy i Chornobylya* (Problems of Nuclear Power Plants' and of Chornobyl). – 2013. – Iss. 21. – P. 107 – 116. (Rus)
14. *Control* of releases of radioactive aerosols from "Ukryttya" object in 2013 / V. E. Khan, B. I. Ogorodnikov, A. K. Kalinovskiy, V. A. Krasnov // *Problemy bezpeky atomnykh electrostantsiy i Chornobylya* (Problems of Nuclear Power Plants' and of Chornobyl). – 2014. – Iss. 22. – P. 110 – 121. (Rus)

Надійшла 27.09.2017  
Received 27.09.2017