

Ю. В. Хомутинин¹, В. П. Процак¹, В. Е. Хан², Б. И. Огородников²¹ Український НІІІ сільськогосподарської радіології НУБіП України, Київ² Інститут проблем безпеки АЕС НАН України, Чернобыль

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ПОГОДНЫХ УСЛОВИЙ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ РАДИОАКТИВНОГО АЭРОЗОЛЯ В ВЕНТИЛЯЦИОННОЙ СИСТЕМЕ «БАЙПАС» ОБЪЕКТА «УКРЫТИЕ» ЗА ПЕРИОД 2003 - 2012 гг.

Представлены результаты статистического анализа влияния погодных условий (температура и относительная влажность воздуха, скорость и направление ветра) в районе ЧАЭС на характеристики радиоактивного аэрозоля в вентиляционной системе «Байпас». Показано что учет погодных условий позволяет объяснить до 20 % наблюдаемой вариабельности этих характеристик. Это свидетельствует о существовании дополнительных факторов влияющих на динамику характеристик радиоактивного аэрозоля в системе «Байпас».

Ключевые слова: система «Байпас», радиоактивные аэрозоли, радионуклиды, дочерние продукты радона и торона, АМАД, анализ временных рядов, метеопараметры.

Введение

Вентиляционная система «Байпас» представляет собой воздуховод, соединяющий пространство разрушенного центрального зала 4-го энергоблока ЧАЭС с высотной трубой ВТ-2. Выброс радиоактивного аэрозоля (РА) через систему «Байпас» называется «организованный», а через щели и неплотности объекта «Укрытие» «неорганизованный». В штатном режиме эксплуатации объекта «Укрытие» вентиляция центрального развала, в котором собираются воздушные потоки из нижних и боковых помещений, осуществлялась за счет естественной тяги в системе «Байпас». Начиная с 2003 г. в системе «Байпас» был начат пробоотбор аэрозолей с использованием аспираторов и трехслойных фильтров Петрянова, что позволило одновременно определять концентрацию и дисперсный состав РА.

Проведенный ранее статистический анализ массива накопленных многолетних данных характеристик РА в системе «Байпас» объекта «Укрытие» позволил выявить и описать глобальные экспоненциальные тренды для объемных концентраций аэрозольных носителей ¹³⁷Cs, ²⁴¹Am и суммы β-излучающих нуклидов [1]. При этом учет и оценка сезонных компонент для соответствующих трендов значительно уменьшили остаточную дисперсию. Тем не менее последующий анализ остатков между измеренными значениями характеристик РА и соответствующими трендами показал, что наблюдаемая вариабельность параметров РА не может быть объяснена только сезонной компонентой. В то же время во многих работах указывается на влияние погодных условий на аэрозольную обстановку внутри объекта «Укрытие» [2 - 8]. В частности, в сооб-

щении [7] анализируется влияние скорости и направления ветра на величину выброса РА из объекта «Укрытие». В работе [8] путем статистической обработки многолетних рядов наблюдений выявлена корреляция между колебаниями концентрации РА в системе «Байпас» и скоростью ветра. Учитывая, что все изложенные результаты носят, как правило, качественный характер, нашей задачей было из имеющегося массива данных многолетних наблюдений попытаться получить количественную оценку влияния погодных условий на характеристики РА в вентиляционной системе «Байпас».

Методы

Предметом исследований были результаты измерений объемной активности ¹³⁷Cs, ²⁴¹Am, суммы β-излучающих чернобыльских нуклидов (Σβ), дочерних продуктов распада радона и торона (ДПР), а также значений АМАД (активный медианный аэродинамический диаметр) для аэрозолей Σβ и ДПР в системе «Байпас» за период с сентября 2003 г. по декабрь 2012 г. [5, 6, 9 - 15].

При анализе влияния метеоусловий (температура воздуха, относительная влажность воздуха, среднесуточная скорость и направление ветра) на параметры РА в вентиляционной системе «Байпас» использовались метеоданные метеостанции «Чернобыль», расположенной в 18 км на юго-восток от ЧАЭС. Предполагалось, что среднесуточная скорость ветра является независимой от температуры и относительной влажности воздуха.

Для нивелирования влияния спонтанного радиоактивного распада радионуклидов на многолетнюю динамику объемных концентраций

радионуклидов все значения активностей ^{137}Cs , ^{241}Am и $\sum\beta$, измеренные за период 2003 - 2012 гг., были пересчитаны на 1 января 2003 г. При этом считалось, что основной вклад в суммарное чернобыльское β -излучение вносили ^{137}Cs (38 %), ^{90}Sr и ^{90}Y (по 31 %) [16], а приращение активности ^{241}Am обусловлено распадом ^{241}Pu . Также для минимизации влияния на результаты статистического анализа аэрозолеобразования, обусловленного техногенным воздействием, из имеющегося массива данных по возможности исключались экспериментальные результаты, заведомо полученные в период работы системы пылеподавления.

Статистическая обработка имеющегося массива данных выполнялась методами анализа временных рядов [17], реализованными в пакете «СТАТИСТИКА 7». Характеристики радиоактивного аэрозоля рассматривались как нестационарные случайные процессы [18]. В общем виде, для описания таких процессов, использовалась мультипликативная модель

$$C_i(t) = C_i^T(t) \cdot \Psi_i, \quad (1)$$

где $C_i^T(t)$ – тренд i -й характеристики аэрозоля, выделение которого проводилось стандартным методом скользящей медианы; Ψ_i – безразмерная случайная величина с математическим ожиданием, равным единице, обусловленная неконтролируемыми факторами.

Статистический анализ массива данных характеристик РА в системе «Байпас» показал, что случайные величины Ψ_i , при использовании трендов, выделенных методом скользящей медианы, не зависят от времени, а их значения удовлетворительно аппроксимируются логнормаль-

ным распределением вероятности с математическим ожиданием, равным 1 [1]. При этом оценки значений стандартного отклонения логарифма случайных величин $\Psi_i(s_i)$ в первом приближении можно интерпретировать как коэффициенты вариации характеристик радиоактивного аэрозоля относительно трендов $C_i^T(t)$.

Результаты и обсуждения

При оценке влияния погодных условий на характеристики РА в вентиляционной системе «Байпас» модель (1) преобразовывалась в композицию

$$C_i(t) = C_{0,i}(t) \cdot \exp(\beta_0^i + \beta_1^i \cdot T + \beta_2^i \cdot H) \cdot F_i(\varphi, V) \cdot \Psi_{1,i}, \quad (2)$$

где $C_{0,i}(t) = A_i \cdot \exp(-b_i \cdot (t - 2003))$ – глобальный тренд, описывающий временную динамику i -й характеристики РА [1]; A_i и b_i – параметры глобального тренда i -й характеристики РА; β_j^i , ($j = 0 \dots 2$) – параметры влияния температуры (T) и относительной влажности воздуха (H) снаружи объекта «Укрытие»; $F_i(\varphi, V)$ – функция, описывающая влияние скорости (V) и направления (φ) ветра; $\Psi_{1,i}$ – случайная компонента.

Поскольку предполагалось, что средняя скорость ветра не зависит от температуры и относительной влажности воздуха, оценка параметров β_j^i и функции $F_i(\varphi, V)$ проводилась поочередно. Сначала были получены оценки параметров β_j^i для остатков $(C_i(t) / C_{0,i}(t))$. Статистически значимые значения параметров β_j^i приведены в табл. 1.

Таблица 1. Значения параметров β_j^i

Характеристика РА	β_0^i	β_1^i	β_2^i
Объемная активность ^{137}Cs	$1,32 \pm 0,35$	$-0,036 \pm 0,006$	$-0,014 \pm 0,004$
Объемная активность суммы β -излучающих нуклидов	$1,73 \pm 0,39$	$-0,037 \pm 0,007$	$-0,020 \pm 0,005$
Объемная активность ^{241}Am	$0,14 \pm 0,038$	$-0,038 \pm 0,015$	0
Объемная активность ДПР	$-1,57 \pm 0,18$	0	$0,020 \pm 0,002$
АМАД по сумме β -излучающих нуклидов	$-0,89 \pm 0,21$	0	$0,011 \pm 0,003$
АМАД по сумме ДПР	$-0,61 \pm 0,19$	$-0,010 \pm 0,004$	$-0,008 \pm 0,002$

Функция $F_i(\varphi, V)$ для направления ветра φ выбиралась в виде $\exp(\alpha_0^i + \alpha_1^i \cdot V)$. Для оценки параметров α_j^i , ($j = 0 \dots 1$) остатки произведения $C_i(t) / (C_{0,i}(t) \cdot \exp(\beta_0^i + \beta_1^i \cdot T + \beta_2^i \cdot H))$ сортировались по восьми секторам направления

ветра и α_j^i оценивались для каждого сектора отдельно. Статистически значимые оценки параметров α_j^i приведены в табл. 2. Пропущенные значения в таблице означают, что соответствующие коэффициенты статистически незначимы.

Таблица 2. Значения параметров α_j^i

Направление ветра	0°	45°	90°	135°	180°	225°	270°	315°
Объемная активность ^{137}Cs								
α_0				0			$-0,54 \pm 0,25$	$-0,59 \pm 0,25$
α_1				$-0,22 \pm 0,05$			$0,28 \pm 0,11$	$0,39 \pm 0,11$
Объемная активность суммы β -излучающих нуклидов								
α_0				0			$-0,48 \pm 0,28$	$-0,69 \pm 0,32$
α_1				$-0,25 \pm 0,06$			$0,26 \pm 0,12$	$0,47 \pm 0,17$
Объемная активность ^{241}Am								
α_0							$-1,21 \pm 0,58$	
α_1							$0,42 \pm 0,21$	
Объемная активность ДПР								
α_0	$0,58 \pm 0,32$	$0,55 \pm 0,27$				$0,32 \pm 0,19$		$0,29 \pm 0,14$
α_1	$-0,32 \pm 0,11$	$-0,31 \pm 0,16$				$-0,24 \pm 0,09$		$-0,23 \pm 0,08$
Значение АМАД по сумме β -излучающих нуклидов								
α_0						$-0,42 \pm 0,18$		
α_1						$-0,18 \pm 0,08$		
Значение АМАД по ДПР								
α_0							$0,31 \pm 0,13$	
α_1							$-0,13 \pm 0,05$	

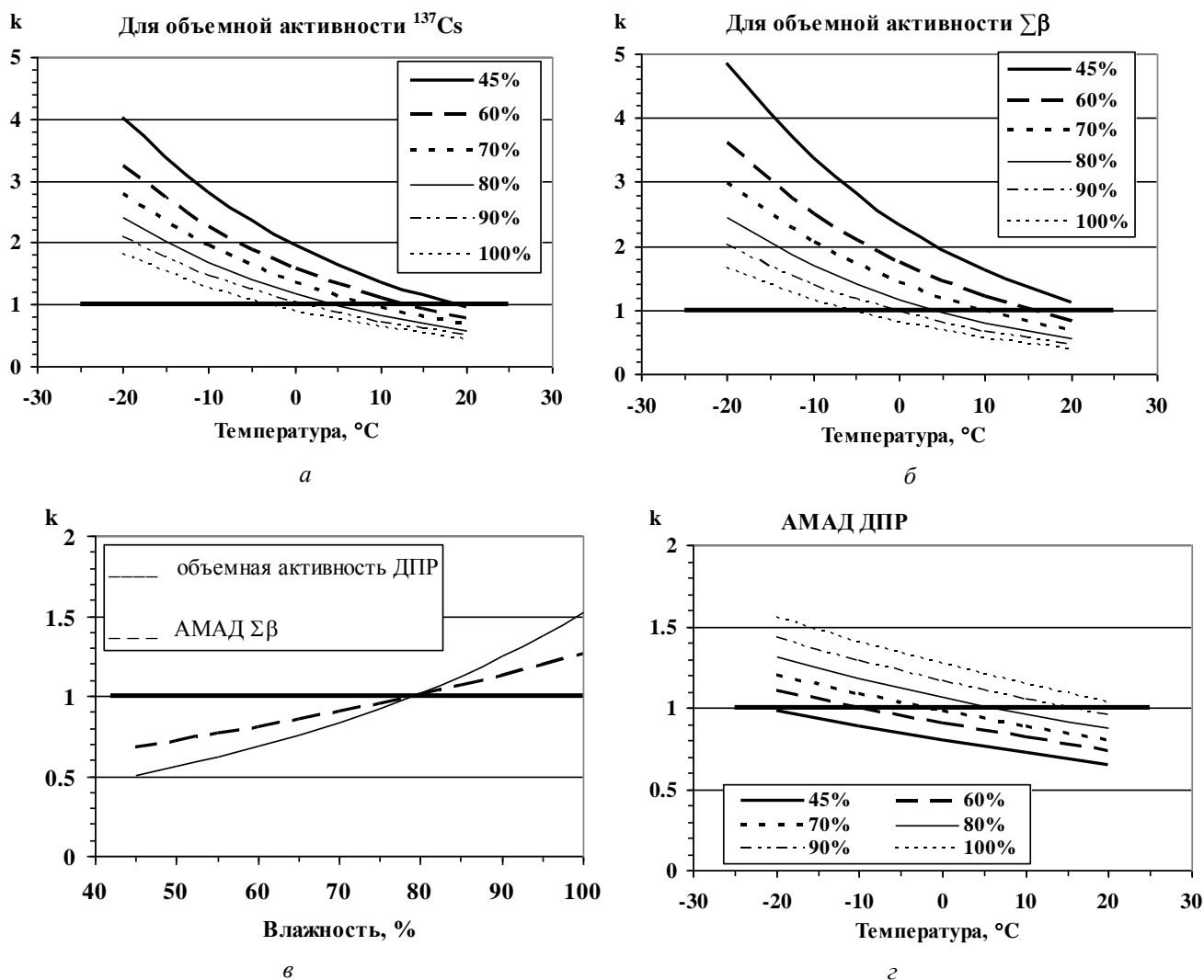


Рис. 1. Влияние температуры и относительной влажности воздуха снаружи объекта «Укрытие» на параметры РА системы «Байпас».

Модель (2) и полученные значения параметров α_j^i и β_j^i позволяют судить о количественном влиянии метеорологических параметров в районе ЧАЭС (температуры, относительной влажности воздуха, среднесуточной скорости ветра и его направления) на рассматриваемые характеристики РА в вентиляционной системе «Байпас» объекта «Укрытие». На рис. 1 представлены кратности изменения (k) значений характеристик РА относительно глобальных трендов в зависимости от температуры и влажности воздуха.

Анализ полученных результатов показывает, что уменьшение температуры и влажности воздуха снаружи объекта «Укрытие» приводит к возрастанию значений объемной активности чернoбыльских радионуклидов (см. рис. 1, а и б). Очевидно, это связано с увеличением тяги в вентиляционной системе за счет перепада температур и, как следствие, увеличению пылеподъема в помещениях подкровельного пространства. Уменьшение относительной влажности воздуха приводит также к уменьшению АМАД $\Sigma\beta$ (см. рис. 1, в).

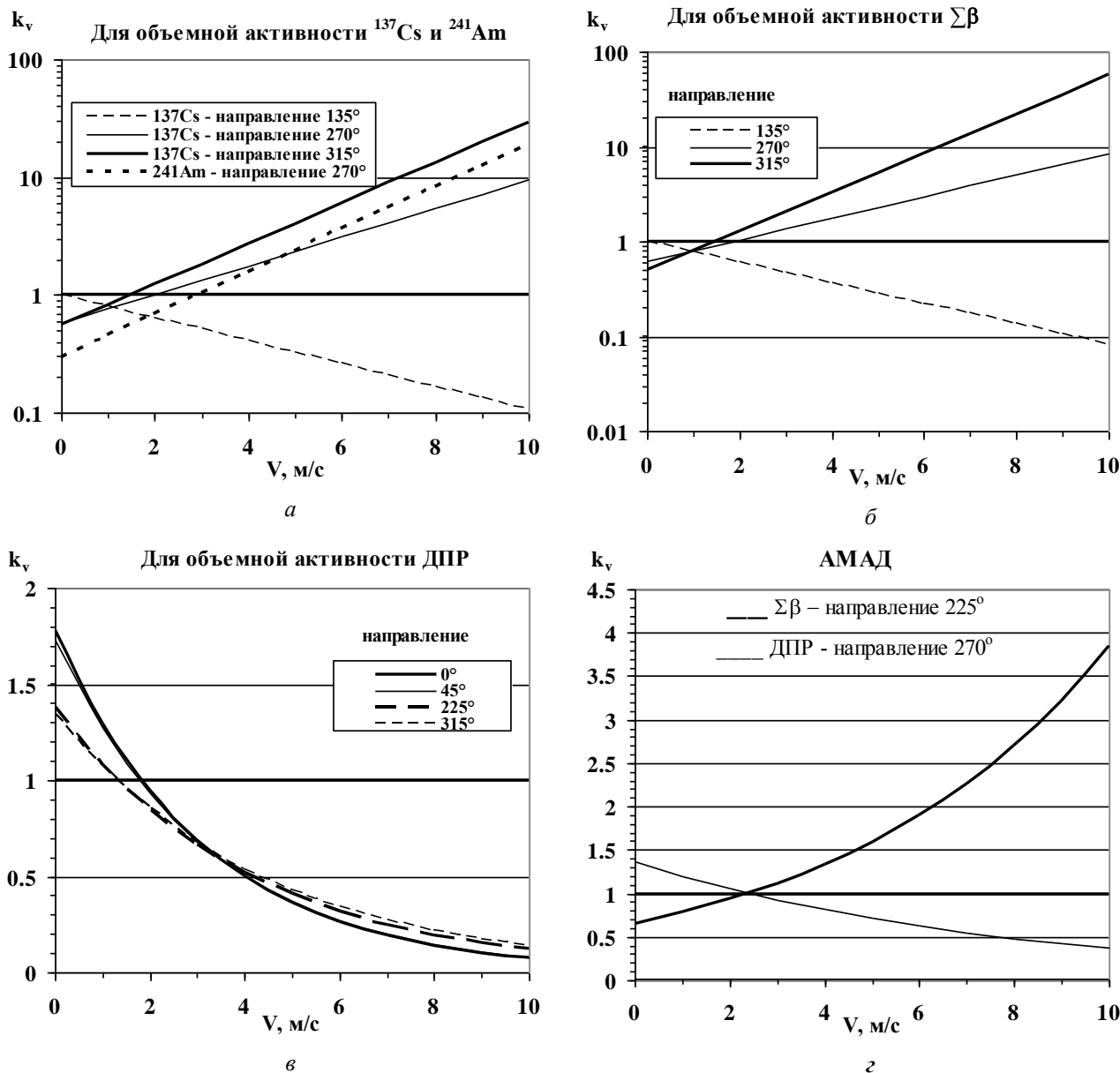


Рис. 2. Влияние среднесуточной скорости ветра на параметры РА системы «Байпас».

Нами не выявлено влияние температуры на значения объемной активности ДПР в системе «Байпас». В то же время, согласно полученным результатам, повышение относительной влажности воздуха приводит к повышению объемной активности ДПР в системе «Байпас» (см. рис. 1,

в). Можно предположить, что молекулы водяного пара, сорбируясь на ионах, образующихся при распаде радона и торона, способствуют их связыванию с аэрозольными частицами. Это объясняет наблюдаемое возрастание АМАД ДПР при повышении относительной влажности (рис. 1, з). Как

следствие этого, увеличивается время осаждения связанных ДПР из воздуха на окружающие поверхности. Известно, что скорость осаждения связанных ДПР во много раз меньше, чем свободных [19]. Таким образом, при увеличении относительной влажности воздуха, процесс осаждения ДПР в меньшей степени влияет на «вымывание» их удельной активности из воздуха.

На рис. 2 показана кратность изменения значений характеристик аэрозоля, обусловленная среднесуточной скоростью и направлением ветра (k_v). Соответственно суммарная кратность отклонения значений характеристики РА системы «Байпаса» от их глобальных трендов, обусловленная влиянием температуры и относительной влажности воздуха с учетом среднесуточной скорости ветра и его направления, равна произведению k на k_v .

Анализ полученных результатов показывает, что возрастание скорости ветра северо-западного направления приводит к значительному повышению (до нескольких порядков) объемных концентраций черномыльских радионуклидов в системе «Байпас». Напротив, юго-восточные ветры

способствуют снижению концентрации РА (см. рис. 2, а и б). Это может быть связано с проникновением ветров северо-западного направления через многочисленные неплотности и щели в подкровельное пространство и способствовать вторичному пылеподъему и увеличению АМАД аэрозолей (см. рис. 2, в). Для ветров юго-восточных направлений 3-й энергоблок и разделительная стена создают ветровую тень в районе объекта «Укрытие», увеличивая вклад «неорганизованного» выброса РА через щели и неплотности и снижая выброс через систему «Байпас».

Для ДПР такой контрастной зависимости величины объемной концентрации от направления ветра выявлено не было. В то же время получено, что увеличение скорости ветра приводит к уменьшению объемной активности ДПР (см. рис. 2, в). Это может быть связано с увеличением кратности воздухообмена в помещениях объекта «Укрытие». При этом ДПР не успевают в полной мере сорбироваться на «больших» инертных носителях, что приводит к уменьшению их АМАД (см. рис. 2, в).

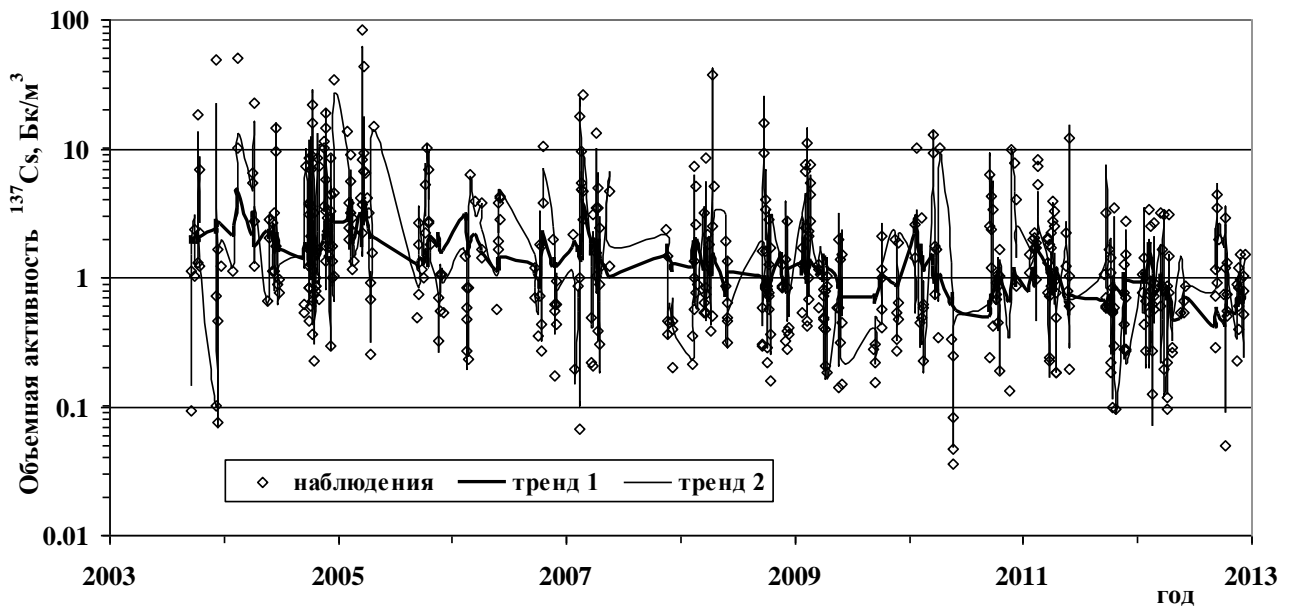


Рис. 3. Значения объемной активности ^{137}Cs в системе «Байпас» и тренды, описывающие их динамику с учетом погодных условий в районе ЧАЭС.

Учет и оценка погодных условий для глобальных трендов характеристик РА в системе «Байпас» позволили существенно уменьшить остаточную дисперсию. На рис. 3 в качестве примера показана трансформация глобального тренда вида $C_{0,i}(t) = A_i \cdot \exp(-b_i \cdot (t - 2003))$ для объемной активности ^{137}Cs , обусловленная учетом влияния температуры и относительной влажности воздуха снаружи объекта «Укрытие» (тренд 1) и учетом влияния температуры воздуха, относительной влажности воздуха, среднесуточ-

ной скорости ветра и его направления (тренд 2).

Статистический анализ остатков после вычитания из наблюдаемых значений характеристик РА глобальных трендов $C_{0,i}(t)$ и трендов, учитывающих погодные условия в районе ЧАЭС, позволил оценить долю наблюдаемой вариативности характеристик РА системы «Байпас», обусловленную этими трендами и соответственно обусловленную дополнительными случайными (можно сказать, неучтенными) факторами (дисперсиями величин Ψ_i).

В табл. 3 приведены соответствующие оценки остаточных стандартных отклонений логарифмов случайных величин $\Psi_{1,l}(s)$ и доля общей

дисперсии ($P, \%$), обусловленной полученными трендами.

Таблица 3. Остаточная вариабельность характеристик РА относительно трендов

Характеристика РА	$C_0(t)$		Тренд 1		Тренд 2	
	s	$P, \%$	s	$P, \%$	s	$P, \%$
Объемная активность ^{137}Cs	1,17	10,0	1,13	16,1	1,1	21,0
Объемная активность суммы β -излучающих нуклидов	1,34	5,8	1,30	12,0	1,16	16,8
Объемная активность ^{241}Am	1,16	8,1	1,11	15,1	1,09	18,8
Объемная активность ДПР	0,63	1,8	0,59	15,3	0,57	18,8
Значения АМАД по сумме β -излучающих нуклидов	0,68	0,6	0,66	4,6	0,65	5,5
Значения АМАД ДПР	0,60	1,2	0,59	6,9	0,58	7,9

Как видно из приведенной таблицы, модификация глобального экспоненциального тренда $C_0(t)$ путем учета погодных факторов не приводит к полному уменьшению оценок стандартных отклонений s логарифмов случайных величин $\Psi_{1,l}$ и позволяет объяснить только до 20 % наблюдаемой вариабельности этих характеристик. Это может свидетельствовать о существовании в объекте «Укрытие» дополнительных факторов, влияющих на динамику характеристик РА в системе «Байпас». Среди них могут быть и факторы, связанные с проведением различных технологических операций (строительные работы, сварочные работы, проведение стабилизационных мероприятий и др.). Такое предположение согласуется с выводами, представленными в работах [7, 20]. Тем не менее, предложенный подход позволил из имеющегося массива экспериментальных данных вычлнить вклад погодных условий в вариации характеристик РА в вентиляционной системе «Байпас».

Выводы

Получены достоверные количественные оценки влияния погодных условий в районе ЧАЭС на характеристики РА в вентиляционной системе «Байпас». Согласно результатам, уменьшение температуры и влажности воздуха снаружи объекта «Укрытие» приводит к возрастанию значений объемной активности чернобыльских радионуклидов в системе «Байпас». Также к значительному (до нескольких порядков) повышению объемной активности чернобыльских радионуклидов и увеличению АМАД их носителей приводит возрастание скорости ветра северо-западной четверти. Напротив, юго-восточные ветры способствуют снижению объемной активности чернобыльских радионуклидов в системе «Байпас». В свою очередь увеличение скорости ветра приводит к уменьшению объемной активности ДПР, а повышение влажности воздуха способствует увеличению их АМАД и объемной активности в системе «Байпас».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Хомутинин Ю.В., Процак В.П., Хан В.Е., Огородников Б.И. Статистический анализ характеристик радиоактивного аэрозоля в вентиляционной системе «Байпас» объекта «Укрытие» за период 2003 - 2012 гг. // Ядерна фізика та енергетика. - 2014. - Т. 15, № 4. - С. 380 - 388.
2. Хан В.Е., Огородников Б.И., Калиновский А.К. и др. Контроль выбросов радиоактивных аэрозолей из объекта «Укрытие» в 2007 г. // Проблеми безпеки атомних електростанцій і Чорнобіля. - 2008. - Вип. 9. - С. 48 - 53.
3. Хан В.Е., Огородников Б.И., Калиновский А.К. и др. Контроль выброса радиоактивных аэрозолей из объекта «Укрытие» в 2008 г. // Там же. - 2009. - Вип. 12. - С. 154 - 162.
4. Скорбун А.Д., Огородников Б.И. Связь долговременных характеристик скорости ветра во внешней
5. Огородников Б.И., Будыка А.К., Хан В.Е. и др. Аэрозоли-носители ^{212}Pb в объекте «Укрытие» // Там же. - 2008. - Вип. 9. - С. 55 - 66.
6. Огородников Б.И., Павлюченко Н.И., Хан В.Е., Краснов В.А. Связь концентраций радиоактивных аэрозолей в «Байпасе» объекта «Укрытие» с погодными условиями // Там же. - 2004. - Вип. 15. - С. 14 - 23.
7. Огородников Б.И., Павлюченко Н.И., Будыка А.К., Краснов В.А. Пылеобразование в объекте «Укрытие» под воздействием техногенных и природных факторов // Там же. - 2005. - Вип. 3. - С. 31 - 44.
8. Огородников Б.И., Скорбун А.Д. Связь выбросов радиоактивных аэрозолей из объекта «Укрытие» с

- метеорологической ситуации. Влияние скорости ветра // Там же. - 2007. - Вып. 7. - С. 103 - 110.
9. *Огородников Б.И., Пазухин Э.М., Ключников А.А.* Радиоактивные аэрозоли объекта «Укрытие»: 1986 - 2006 гг.: монография. - Чернобыль: ИПБ АЭС НАН Украины, 2008. - 456 с.
 10. *Павлюченко Н.И., Хан В.Е., Криницын А.П. и др.* Контроль неорганизованных сбросов и выбросов из объекта «Укрытие» в 2004 г. // Проблемы безопасности атомных электростанций і Чернобиля. - 2005. - Вып. 2. - С. 22 - 32.
 11. *Хан В.Е., Огородников Б.И., Калиновский А.К. и др.* Контроль выбросов радиоактивных аэрозолей из объекта «Укрытие» в 2005 г. // Там же. - 2006. - Вып. 6. - С. 85 - 94.
 12. *Хан В.Е., Огородников Б.И., Калиновский А.К. и др.* Контроль выбросов радиоактивных аэрозолей из объекта «Укрытие» в 2006 г. // Там же. - 2007. - Вып. 7. - С. 116 - 121.
 13. *Хан В.Е., Огородников Б.И., Калиновский А.К. и др.* Контроль выброса радиоактивных аэрозолей из объекта «Укрытие» в 2009 г. // Там же. - 2010. - Вып. 13. - С. 111 - 122.
 14. *Хан В.Е., Огородников Б.И., Калиновский А.К. и др.* Контроль выброса радиоактивных аэрозолей из объекта «Укрытие» в 2011 г. // Там же. - 2012. - Вып. 19. - С. 94 - 104.
 15. *Хан В.Е., Огородников Б.И., Калиновский А.К. и др.* Контроль выброса радиоактивных аэрозолей из объекта «Укрытие» в 2012 г. // Там же. - 2013. - Вып. 21. - С. 107 - 116.
 16. *Бегичев С.Н., Боровой А.А., Строганов А.А. и др.* Топливо реактора 4-го блока ЧАЭС (краткий справочник). - М., 1990. - 21 с. - (Препр. / Ин-т атомной энергии им. И. В. Курчатова; ИАЭ 5268/3).
 17. *Makridakis S., Wheelwright S.C.* Forecasting methods for management. - New York: J.Wiley & Sons, 1989.
 18. *Вентцель Е.С., Овчаров Л.А.* Теория случайных процессов и ее инженерные приложения. - М.: Наука, 1991. - 384 с.
 19. *Доклад НКДАР ООН.* Источники, эффекты и опасность ионизирующей радиации. - М.: Мир, 1992. - Т. 1. - 534 с.
 20. *Огородников Б. И., Скорбун А. Д.* Возможности прогнозирования уровня активности аэрозолей в вентиляционной системе объекта «Укрытие» // Проблемы безопасности атомных электростанций і Чернобиля. - 2006. - Вып. 4. - С. 121 - 124.

Ю. В. Хомутинін¹, В. П. Процак¹, В. Є. Хан², Б. І. Огородников²

¹ *Український НДІ сільськогосподарської радіології НУБіП України, Київ*

² *Інститут проблем безпеки атомних електростанцій НАН України, Чорнобиль*

ОЦІНКА ВПЛИВУ ПОГОДНИХ УМОВ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ РАДІОАКТИВНОГО АЕРОЗОЛЮ У ВЕНТИЛЯЦІЙНІЙ СИСТЕМІ «БАЙПАС» ОБ'ЄКТА «УКРИТТЯ» ЗА ПЕРІОД 2003 - 2012 рр.

Представлено результати статистичного аналізу впливу погодних умов (температура і вологість повітря, швидкість і напрямок вітру) у районі ЧАЕС на характеристики радіоактивного аерозолю у вентиляційній системі «Байпас». Показано, що врахування погодних умов дає змогу пояснити до 20 % варіабельності цих характеристик. Це свідчить про існування додаткових факторів, що впливають на динаміку характеристик радіоактивного аерозолю в системі «Байпас».

Ключові слова: система «Байпас», радіоактивні аерозолі, радіонукліди, дочірні продукти радону і торону, АМАД, аналіз часових рядів, метеопараметри.

Yu. V. Khomutinin¹, V. P. Protsak¹, V. Y. Khan², B. I. Ogorodnikov²

¹ *Ukrainian Institute of Agricultural Radiology,*

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv

² *Institute of Safety Problems of Nuclear Power Plants, National Academy of Sciences of Ukraine, Chornobyl*

ASSESSMENT OF WEATHER CONDITIONS ON THE RADIOACTIVE AEROSOL CHARACTERISTICS IN THE VENTILATION SYSTEM "BYPASS" OF THE OBJECT "UKRYTTYA" DURING THE PERIOD OF 2003 - 2012 YEARS

Quantitative results of the statistical analysis of the impact of weather conditions (temperature and humidity of air, speed and direction of wind) near ChNPP on the characteristics of radioactive aerosols in the ventilation system "Bypass" has been presented. It is shown that the accounting of weather conditions allows explaining to 20 % of observed variability of these characteristics. It testifies to existence of additional factors of influencing on dynamic characteristics of the radioactive aerosol in the "Bypass" system.

Keywords: "Bypass" system, radioactive aerosols, radionuclides, daughter products of radon and thoron, AMAD, time-series analysis, meteorological parameters.

REFERENCES

1. *Khomutinin Yu.V., Protsak V.P., Khan V.Y., Ogorodnikov B.I.* // Nucl. Phys. At. Energy. - 2014. - Vol. 15, No. 4. - P. 380 - 388. (Rus)
2. *Khan V.E., Ogorodnikov B.I., Kalinovskij A.K. et al.* // Problemy dezpeky atomnyh electrostantsiy I Chornobylya (Problems of Nuclear Power Plants' Safety and of Chornobyl). - 2008. - Iss. 9. - P. 48 - 53. (Rus)
3. *Khan V.E., Ogorodnikov B.I., Kalinovskij A.K. et al.* // Ibid. - 2009. - Iss. 12. - P. 154 - 162. (Rus)
4. *Skorbun A.D., Ogorodnikov B.I.* // Ibid. - 2008. - Iss. 9. - P. 66 - 76. (Rus)
5. *Ogorodnikov B.I., Budyka A.K., Khan V.E. et al.* // Ibid. - 2008. - Iss. 9. - P. 55 - 66. (Rus)
6. *Ogorodnikov B.I., Pavlyuchenko N.I., Khan V.E., Krasnov V.A.* // Ibid. - 2004. - Iss. 15. - P. 14 - 23. (Rus)
7. *Ogorodnikov B.I., Pavlyuchenko N.I., Budyka A.K., Krasnov V.A.* // Ibid. - 2005. - Iss. 3. - P. 31 - 44. (Rus)
8. *Ogorodnikov B.I., Skorbun A.D.* // Ibid. - 2007. - Iss. 7. - P. 103 - 110. (Rus)
9. *Ogorodnikov B.I., Pazukhin E.M., Klyuchnikov A.A.* Radioactive aerosols of the object "Ukryttya": 1986 - 2006 years: monograph. - Chernobyl: ISP NPP NAS of Ukraine, 2008. - 456 p.
10. *Pavlyuchenko N.I., Khan V.E., Krinitsyn A.P. et al.* // Problemy dezpeky atomnyh electrostantsiy I Chornobylya (Problems of Nuclear Power Plants' Safety and of Chornobyl). - 2005. - Iss. 2. - P. 22 - 32. (Rus)
11. *Khan V.E., Ogorodnikov B.I., Kalinovskij A.K. et al.* // Ibid. - 2006. - Iss. 6. - P. 85 - 94. (Rus)
12. *Khan V.E., Ogorodnikov B.I., Kalinovskij A.K. et al.* // Ibid. - 2007. - Iss. 7. - P. 116 - 121. (Rus)
13. *Khan V.E., Ogorodnikov B.I., Kalinovskij A.K. et al.* // Ibid. - 2010. - Iss. 13. - P. 111 - 122. (Rus)
14. *Khan V.E., Ogorodnikov B.I., Kalinovskij A.K. et al.* // Ibid. - 2012. - Iss. 19. - P. 94 - 104. (Rus)
15. *Khan V.E., Ogorodnikov B.I., Kalinovskij A.K. et al.* // Ibid. - 2013. - Iss. 21. - P. 107 - 116. (Rus)
16. *Begichev S.N., Borovoj A.A., Stroganov A.A. et al.* Fuel of the 4-th block Reactor of Chernobyl NPP (brief guide). - Moskva, 1990. - 21 p. - (Preprint / I. V. Kurchatov Institute of Atomic Energy; IAE 5268/3). (Rus)
17. *Makridakis S., Wheelwright S.C.* Forecasting methods for management. - New York: J.Wiley & Sons, 1989.
18. *Venttsel' E.S., Ovcharov L.A.* The theory of stochastic processes and its engineering applications. - Moskva: Nauka, 1991 - 384 p. (Rus)
19. *Report of UNSCEAR.* Sources, effects and risks of ionizing radiation. - Moskva: Mir, 1992. - Vol. 1. - 534 p. (Rus)
20. *Ogorodnikov B. I., Skorbun A. D.* // Problemy dezpeky atomnyh electrostantsiy I Chornobylya (Problems of Nuclear Power Plants' Safety and of Chornobyl). - 2006. - Iss. 4. - P. 121 - 124. (Rus)

Надійшла 13.02.2015

Received 13.02.2015