

В.Г. ПЕТРОСЯН, К.И. ПЮСКЮЛЯН, М.Г. ВАРДАНЯН

**ОПТИМИЗАЦИЯ РАДИАЦИОННОГО МОНИТОРИНГА В РАЙОНЕ
РАЗМЕЩЕНИЯ АРМЯНСКОЙ АЭС**

Выполнена оптимизация радиационного мониторинга окружающей среды в районе размещения атомной станции при возможно малых затратах. Выбраны наиболее информативные точки наблюдения за радиационной обстановкой. Определены границы зоны наблюдения, за пределами которых мониторинг не дает новой информации о радиационных параметрах окружающей среды.

Ключевые слова: дозиметр, зона наблюдения, радиационный мониторинг, оптимизация, радиационный выброс, сигнальный порог.

Введение. Оптимизация радиационного мониторинга окружающей среды в районе размещения атомных станций – достаточно сложный процесс, целью которого является получение достоверной, своевременной и объективной картины радиационной обстановки в зоне наблюдения при возможно малых затратах. Процесс оптимизации подразумевает:

- выбор наиболее информативных, с точки зрения мониторинга радиационной обстановки, точек наблюдения (их распределение в зоне наблюдения);
- выбор объектов окружающей среды, аккумулирующих воздействие станции и наиболее чувствительных к этому воздействию, наблюдение за которыми даст точную картину радиационной обстановки;
- определение границ зоны наблюдения, за пределами которых радиационный мониторинг не даст новой информации о радиационных параметрах окружающей среды.

Постановка проблемы. В настоящее время на атомных станциях в состав системы радиационного мониторинга окружающей среды входит автоматическая система мониторинга мощности дозы гамма-излучения на местности. Задачей такой системы является получение оперативной информации для принятия защитных мер в случае возможных неконтролируемых выбросов. Система представляет собой сеть стационарных дозиметров для измерения мощности дозы гамма-излучения, расположенных вокруг АЭС. Информация от этих дозиметров по радиосвязи передается на компьютер. Таким образом, достигается возможность получения информации о мощности дозы излучения на местности в реальном временном режиме. На Армянской АЭС в настоящее время существует сеть таких дозиметров, состоящая из пяти установок марки ERM³ (Environmental

RadiationMonitor фирмы Eberline). Предполагается увеличение числа этих датчиков.

Вопрос оптимального распределения контрольных точек равнозначен вопросу, какое минимальное число детекторов следовало бы расположить вокруг станции, чтобы зарегистрировать превышение уровня действия независимо от метеорологических условий. Настоящая работа посвящена определению минимального количества детекторов, достоверно регистрирующих прохождение неконтролируемого радиоактивного выброса при его движении в произвольном направлении.

Методы исследования. Повышение мощности дозы от неконтролируемых выбросов с АЭС может быть точно установлено, как только доза превысит величину сигнального порога, значение которой заранее устанавливается в системе контроля:

$$A \leq D(x_m, 0), \quad (1)$$

где A - величина сигнального порога (Gp); $D(x_m, 0)$ - доза ($Зв$), обусловленная выбросами с АЭС в точке максимума (в данном случае вдоль оси X , исходящей от основания вентиляционной трубы) [1].

Если предположить самый неблагоприятный случай, т.е. если факел радиоактивного выброса пройдет точно между двумя детекторами (см. рис.), то можно рассчитать расстояние от середины облака до точки измерения, в которой возникшая субмерсионная мощность дозы D точно соответствует заданному сигнальному порогу $L_{\text{детектора}}$.

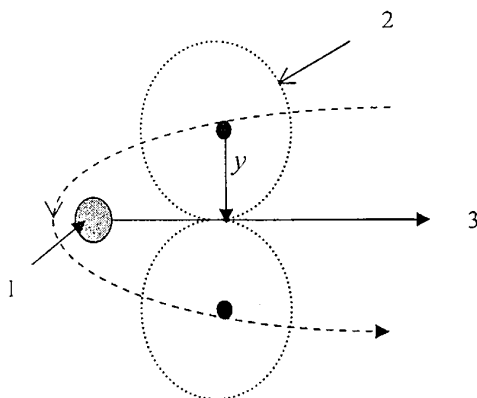


Рис. К определению радиуса области детектирования: 1 – вентиляционная труба; 2 – область детектирования; 3 – направление ветра; y – радиус области детектирования

Значение сигнального порога L должно быть установлено так, чтобы можно было точно подтвердить превышение мощности дозы над фоном. В нашем

случае для сигнального порога (L) выбрана величина мощности дозы, равная 100 $\mu\text{Р}/\text{час}$ (приблизительно в 10 раз выше естественного фона). Время экспозиции принимается равным одному часу. Расстояние упредставляет таким образом радиус так называемой области детектирования детектора.

Эту область можно определить из условия (1), причем для расчета максимальной дозовой нагрузки принимаются следующие допущения:

- несмотря на то, что поступление радионуклидов через желудочно-кишечный тракт является причиной возникновения самых высоких доз, тем не менее облучение можно предотвратить, отказавшись от употребления продуктов питания и питьевой воды из зараженной области;
- прямым гамма-излучением от выброса, явившегося причиной облучения населения, проживающего вокруг АЭС, можно пренебречь по сравнению с субмерсионной дозой и дозой от ингаляции приземного воздуха [2];
- поскольку уровень защиты должен быть установлен для введения срочных мер, то следует учитывать только непродолжительное облучение. Поэтому доза, полученная вследствие отложения в почве нуклидов, по сравнению с субмерсионной нагрузкой и дозой, вызванной ингаляцией, может не учитываться, так как ее действие проявляется лишь после длительного пребывания нуклидов в почве;
- из результатов исследований аварийных ситуаций, проведенных для серийных атомных электростанций, следует, что радиоактивные благородные газы сами по себе не представляют непосредственной опасности для проживающего вокруг АЭС населения;
- при исследовании влияния на различные органы тела вклада дозы от различных продуктов деления из общей дозы, полученной при ингаляции, стало ясно, что йод-131 ($I-131$) и щитовидная железа являются критическим нуклидом и критическим органом [3].

На основе этих допущений [1] выражение (1) можно представить в виде

$$A_s = D_{I-131}(x_m, 0), \quad (2)$$

где A_s – доза, приходящаяся на щитовидную железу, $Зв$; $D_{I-131}(x_m, 0)$ – максимальная доза, обусловленная ингаляцией $I-131$, приходящаяся на щитовидную железу, $Зв$.

Таким образом:

$$Ds[x, y, Q_s(t)] = K_s^I \quad (3)$$

где $K_s^I = 7,5 \cdot 10^{-10}$ $\frac{Зв \cdot м^3}{Бк \cdot с}$ – коэффициент при ингаляции $I-131$ для щитовидной железы детей; $q\left(t - \frac{x}{u}\right)$ – интенсивность выброса $I-131$ к моменту

времени $t - \frac{x}{u}$, Бк/с; u – скорость ветра, м/с; $S(t)$ – класс стабильности; T – продолжительность эмиссии, час;

$$F[x, y, 0, S(t)] = , \quad (4)$$

где H_0 – высота эмиссии; σ_y, σ_z – вертикальный и горизонтальный параметры дисперсии.

Уравнение (3) можно записать иначе:

$$D_{I-131}[x, y, 0, s(t)] = \int_0^T \frac{q\left(t - \frac{x}{u}\right)}{u} F[x, y, 0, S(t)] dt, \quad (5)$$

где

$$\frac{M}{Bk(c)}$$

Величина F представляет собой нормированную на единицу интенсивности выброса и скорости ветра ингаляционную нагрузку на щитовидную железу, имеющую для классов стабильности от А до Е различные максимальные значения для различных высот эмиссии.

Мощность гамма-субмерсионной дозы [1] определяется по формуле

$$D^s[x, y, 0, s(t)] = (q(t - x/u)) / u \cdot F[x, y, 0, s(t)] \Gamma p/c, \quad (6)$$

где

$$r = \sqrt{(X - x)^2 + (Y - y)^2 + Z^2} -$$

- расстояние элемента объема радиоактивного факела в точке измерения $(x, y, 0)$; $\beta(\mu, r)$ - коэффициент накопления для гамма-излучения; μ - линейный коэффициент поглощения для воздуха.

Решение уравнения (6) по $q\left(t - \frac{x}{u}\right)$ и подстановка его в (5), а также замена в уравнении (5) величины $F[x, y, 0, s(t)]$ на $F[x_m, 0, 0]$ дает

$$D_{I-131}[x, y, 0, s(t)] = F(x_m, 0, 0) \int_0^T \frac{D[(x, y, 0, s(t))]}{\chi[x, y, 0, s(t)]} dt. \quad (7)$$

Полагая, что в течение выброса погодные условия не меняются, с помощью (2) получим

$$\Lambda_s \quad (8)$$

Если принять $D^s=L$, причем L означает сигнальный порог детектора, а x заменить на d (расстояние от детектора до точки выброса) и y на w (радиус области детектирования детектора), то получим

$$w_{\max} = \left\{ \varphi \left(\frac{F(x_m, 0, 0)LT}{\Lambda_s} d, s \right) \right\}_m, \quad (9)$$

где φ означает обратную функцию.

Нами была рассчитана величина w , в расчетах принимались погодные условия категории А как наиболее неблагоприятные (консервативный подход).

Максимум w приходится на расстояние 400 м, т.е. детектор будет фиксировать прохождение радиоактивного облака в области радиусом до 400 м.

Ранее было показано [4], что с учетом климатических условий района размещения Армянской АЭС и технологических параметров выбросов газозвдушной смеси расстояние от вентиляционной трубы, на котором приземная концентрация радиоактивных аэрозолей максимальна, составляет ~2200 м (параметр d). Именно на таком расстоянии от АЭС следует устанавливать дозиметры ERM³.

Заклучение. Если такие детекторы расположить по окружности радиусом 2200 м, то для гарантированной регистрации прохождения облака (с учетом того, что радиус области детектирования был определен равным 400 м) минимальное их число будет равно 16.

При этих параметрах, в случае повышенного выброса в вентиляционную трубу, можно определить направление движения выброса и радиационную обстановку в азимуте его движения, что позволит с высокой точностью прогнозировать радиационную обстановку на более удаленные расстояния.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Кюммель М.** Разработка оптимальной сети измерений для проведения контроля окружающей среды на АЭС // Сборник докладов научно-технической конференции СЭВ "Обеспечение радиационной безопасности при эксплуатации АЭС". - Вильнюс, май 1982. - Книга 5. - С. 78-89.
2. Модель прогноза дозы внешнего облучения населения, проживающего на радиоактивно загрязненных территориях / **Е.А. Иванов, А.В. Носовский, Т.В. Рамзина** и др. // Актуальные вопросы ретроспективной, текущей и прогнозной дозиметрии облучения в результате Чернобыльской аварии: Материалы научной конференции (27-29 окт. 1992 г.). - Киев, 1993. - С.52-58.

3. Источники и действие ионизирующей радиации: Доклад НКДАР ООН по действию атомной радиации за 1977 г. на Генеральной Ассамблее с приложением в трех томах. ООХ. -Т. 1. – Нью-Йорк, 1978.
4. **Atoyan V., Mkrtchyan N., Khacatryan G.** Estimation of Radiation Influence of the NPP on Environment on a Background of Global Radioactive Sedimentation // International Conference Unification and Optimization of Radiation Monitoring on NPP Location Regions, September 22-26, 2004. - Armenia, Yerevan, 2004.-P.42-46.

ЗАО НИИ “Арматом”, ЗАО ААЭС.Материал поступил в редакцию 10.04.2012.

Վ.Գ. ՊԵՏՐՈՍՅԱՆ, Կ.Ի. ՓՅՈՒՍԿՅՈՒԼՅԱՆ, Մ.Գ. ՎԱՐԴԱՆՅԱՆ

**ՀԱՅԿԱԿԱՆ ԱԷԿ-ԻՆ ՀԱՐՈՂ ՏԱՐԱԾՔԻ ՃԱՌԱԳԱՅԹԱՀԱՐՄԱՆ
ՄՈՆԻԹՈՐԻՆԳԻ ՕՊՏԻՄԱԼԱՑՈՒՄԸ**

Կառուցված է ատոմային կայանի տեղակայման շրջանում շրջակա միջավայրի ռադիացիոն վերահսկման օպտիմալացման ալգորիթմը՝ հնարավորինս փոքր ծախսերով: Ընդ որում, ընտրված են ռադիացիոն իրավիճակի դիտարկման առավել ինֆորմատիվ կետերը: Որոշված է դիտարկման գոտու մեծությունը, որի սահմաններից դուրս վերահսկումը նոր տեղեկություն չի տալիս շրջակա միջավայրի ռադիացիոն պարամետրերի վերաբերյալ:

Առանցքային բառեր.դոզիմետր, դիտարկման գոտի, ռադիացիոն վերահսկում, օպտիմալացում, ռադիացիոն արտանետում, ազդանշանային շեմ:

V.G. PETROSYAN, K.I. PYUSKYULYAN, M.G. VARDANYAN

**OPTIMIZATION OF RADIATION MONITORING IN THE AREA
OF ARMENIAN NPP**

An algorithm of environment radiation optimization monitoring in the area of nuclear power plant location is developed with the least possible expenses. The most informative points of radiation conditions control are selected. The extent of the control area is specified beyond which the monitoring does not provide new information on radiation parameters of the environment.

Keywords: dosimeter, control area, radiation monitoring, optimization, radiation release, alarm threshold.