

Разработка методического подхода к оценке экологического ущерба вокруг АЭС в результате воздействия радиоактивных веществ

*П.С. Илясов*¹

¹Московский физико-технический институт (государственный университет)

Актуальность работы

Несмотря на последствия радиационных аварий последних десятилетий, а также отказ ряда стран от программ развития ядерной энергетики, оказывается, что пока адекватной замены этого направления энергетики на альтернативные не наблюдается: в настоящее время в 30 странах мира насчитывается 195 действующих атомных электростанций (АЭС) с 438 энергоблоками, 71 энергоблок находится в стадии сооружения.

Цель работы

Целью работы является оценка экологического ущерба, выполненная на примере Ростовской АЭС в результате воздействия радиоактивных веществ, а также составление общей методики оценки риска.

Практическая ценность работы

Результаты оценок экологического ущерба применяются при проведении оценок риска. Результаты оценок риска, в свою очередь, используются для определения возможности возникновения аварии, в частности, на АЭС.

Приземная концентрация радионуклидов вокруг АЭС

Зависимость от времени приземной концентрации $C_{v,r}(x,t)$, Бк/м³, выбрасываемого радионуклида γ в атмосфере на оси траектории движения облака на расстоянии от x от точечного источника мгновенного выброса рассчитывается по формуле:

$$C_{v,r}^0(x,t) = Q_{0,r} \cdot G'_{0,r}(x,t) \quad (1)$$

где:

$Q_{0,r}$ - величина мгновенного выброса радионуклида γ , Бк;

$G'_{0,r}(x,t)$ - фактор разбавления мгновенного выброса в атмосфере, м⁻³

Для оценки радиационных последствий прохождения облака необходимо знать временной интеграл концентрации в точке. Интегрируя (1) по времени t получаем окончательный результат:

$$C_{v,r}(x) = \int_0^{\infty} Q_{0,r} \cdot G'_{0,r}(x,t) \cdot dt = Q_{0,r} \cdot G_{0,r}(x) \quad (2)$$

где:

$$G_{0,r}(x) = \frac{F_r(x)}{\pi \cdot \sigma_z \cdot \sigma_y \cdot u} \cdot e^{\left(-\frac{h(x)^2}{2 \cdot \sigma_z^2}\right)} \quad (3)$$

$h(x)$ - высота центра облака над поверхностью земли на расстоянии x от точки выброса, м;

u - скорость ветра на высоте выброса, м/с;

$F_r(x)$ - фактор истощения облака выброса для радионуклида γ на расстоянии x ; σ_x , σ_y , σ_z - дисперсии облака выброса в направлении движения облака по ветру x , в горизонтальном направлении поперек ветра y и в вертикальном направлении z , м.

Фактор истощения облака мгновенного выброса

$F_r(x)$ - безразмерная величина, описывающая изменение интегрального количества выброшенных радионуклида γ с расстоянием от места выброса, уменьшающегося за счет радиоактивного распада (4), сухого осаждения (б) и вымывания его из облака осадками (5)

$$F_r(x) = \exp\left(-\lambda_r \cdot \frac{x}{u}\right) \quad (4)$$

$$F_{\Lambda}(x) = \exp\left(-\Lambda \cdot \frac{x}{u}\right) \quad (5)$$

где: X_r - постоянная радиоактивного распада радионуклида, c^{-1} ; u - скорость ветра в центральной точке, м/с; A - постоянная вымывания осадков, c^{-1} .

$$F(x) = \exp\left(-\sqrt{\frac{2}{\pi}} \cdot \frac{V_g}{u} \cdot \int_0^x \frac{1}{\sigma_z(x)} \cdot \exp\left(-\frac{h^2}{2 \cdot \sigma_z^2}\right) dx\right) \quad (6)$$

где:

V_g - скорость сухого осаждения, м/с; u - скорость ветра в центральной точке, м/с; h - высота центра облака, м; σ_z - дисперсии облака выброса в вертикальном направлении z , м.

Дисперсия облака выброса

При расчете дисперсии облака используется оригинальная аппроксимация наиболее часто используемых формул Смита-Хоскера (для σ_z) и Бригса (для σ_y), согласно которой поперечную и вертикальную дисперсию рассчитывают по формуле, предложенной Эйри:

$$\sigma(x, z_0, P) = \frac{x}{\sqrt{a(z_0, P) + b(z_0, P) \cdot x}} \quad (7)$$

где: P - параметр устойчивости Смита; z_0 - высота шероховатости подстилающей поверхности.

Расчет радиационной обстановки

Для расчета рассматривались 3 радионуклида: I^{131} , Cs^{137} , Ru^{106} . Для расчета была взята экспертная величина высоты центра облака $h = 30$ м. Категория устойчивости от А до G. Считаем, что вокруг АЭС лесопарковая зона с максимальной высотой до 10 м ($z_0 = 50$ см).

Табл. 1 Начальные условия для различных категорий устойчивости атмосферы

Категория устойчивости	Параметр устойчивости Смита P	Скорость ветра, м/с
A	0.5	1
B	1.5	2
C	2.5	5
D	3.5	5
E	4.5	3
F	5.5	2
G	6.5	2

Табл. 2 Максимальные значения факторов разбавления при различных категориях устойчивости

Категория устойчивости	$G_{0,MAX}, M^{-3}$	$X, м$
A	$2.443 \cdot 10^{-4}$	233.67
B	$1.168 \cdot 10^{-4}$	250.39
C	$4.309 \cdot 10^{-5}$	277.43
D	$3.607 \cdot 10^{-5}$	328.71
E	$3.826 \cdot 10^{-5}$	487.76
F	$2.340 \cdot 10^{-5}$	$1.30 \cdot 10^3$
G	$9.885 \cdot 10^{-6}$	$4.98 \cdot 10^3$

Выводы

Представлена методика расчета радиационной обстановки в окружающей среде, которая может быть применена к АЭС

Для фактора истощения для радионуклидов большой вклад дает сухое осаждение и вымывание из облака осадками

Фактор разбавления имеет максимальное значение для категории устойчивости атмосферы А

Большая часть доли радиоактивных веществ пройдет наибольшее расстояние при категории устойчивости атмосферы D

Литература

1. IAEA. *Safety standards series No. NS-G-3.2 Dispersion of radioactive material in air and water and consideration of population distribution in site evaluation for nuclear power plant.* - Safety Guide. Vienna. 2002. - 42 p.
2. НП-032-01 «Размещение атомных станций. Основные критерии и требования по обеспечению безопасности» - М., 2002 - 8 с.
3. *Об утверждении типового паспорта безопасности опасного объекта:* [приказ МЧС России № 506 от 4 ноября 2004 г.]. - М., 2004. - 1 с.
4. *Паспорт безопасности критически важного (опасного) объекта Росатома:* [приказ МЧС России № 506 от 4 ноября 2004 г.]. - М., 2006. - 9 с.
5. *Методика оценки риска для экосистем от воздействия отравляющих и токсичных веществ в районах хранения и уничтожения химического оружия /* Н.В. Мурзин, В.Н. Лысцов - М.: Российский научный центр «КУРЧАТОВСКИЙ ИНСТИТУТ»; А.А. Быков - М.: Центр стратегических исследований МЧС России; П.Д. Сарычев, В.Б. Местечкин - М.: Научно-исследовательский центр по проблемам экологической безопасности МПР России (НИЦ «Экобезопасность»), 2003. - 66 - 70 с.
6. *Берберова М.А.* Оценка показателей риска для вторых очередей Смоленской и Курской АЭС: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических работ: 05.14.03 / Берберова Мария Александровна. - М., 2015. - 130 с.
7. *Временная методика определения предотвращенного экологического ущерба /* Государственный Комитет РФ по охране окружающей среды - М., 1999
8. *Методические указания по расчету радиационной обстановки в окружающей среде и ожидаемого облучения населения при кратковременных выбросах радиоактивных веществ в атмосферу (Технический документ МПА-98)/* Министерство Российской Федерации по атомной энергии - М., 1998
9. *Харченко Е.В.* Использование математических моделей переноса и рассеяния радионуклидов в атмосфере для управления рисками на стадии проектирования атомных электростанций: диссертация на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук: 25.00.30 / Харченко Евгения Владиславовна - С. - П., 2015
10. *Паспорт безопасности Ростовской АЭС /* Филиал ОАО «Концерн Росэнергоатом» «Ростовская атомная станция»; Ростовская АЭС, 2006 г.