

А.В.Артамонова, В.А.Долодаренко, С.З.Полищук, В.Н.Полторацкая,
В.В.Фалько, А.В.Полищук

ОПЫТНО-ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОСТАВЛЯЮЩЕЙ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО РИСКА ОТ ТОЧЕЧНОГО ИСТОЧНИКА ВЫБРОСОВ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ

Введение. В работах [1-4] разработаны математические модели задачи оценки составляющей экологического риска от точечного источника выбросов загрязняющих веществ в атмосферу при прогнозе (расчетах) или по данным измерений в заданной точке местности концентраций этих веществ. Величина суммарного риска оценивается как вероятность превышения в наихудших условиях [5] концентраций C_j хотя бы одного j -го $j = \overline{1, n}$ загрязняющего вещества своей максимальной разовой предельно допустимой концентрации $ПДК_{мрj}$ [6]

$$\alpha = \int_{ПДК_{мр1}}^{\infty} \dots \int_{ПДК_{мрn}}^{\infty} f(C_1, C_2, \dots, C_n) dC_1 \cdot dC_2 \dots dC_n. \quad (1)$$

Риск от каждого j -го загрязняющего вещества рассматривается как вероятность превышения в тех же условиях концентрацией этого вещества своей $ПДК_{мрj}$

$$\alpha_j = \int_{ПДК_{мрj}}^{\infty} f_j(C_j) dC_j \quad (2)$$

В (1) и (2) f и f_j - плотности распределения случайных изменений системы (C_1, C_2, \dots, C_n) концентраций и каждой концентрации $C_j, j = \overline{1, n}$ в отдельности, зависящих от возмущающих факторов $\lambda_{gj}, \lambda_g, g = \overline{1, m_1}$ - проектных параметров источника и характеристик внешней среды [1]. На основании предельных теорем теории вероятностей плотности f, f_j представлены в виде нормальных распределений [7]. Числовые характеристики этих распределений при прогнозных расчетах получают на основании метода линеаризации [1,7] или с использованием метода статистических испытаний [2], а при оценках риска по данным измерений концентраций – с помощью статистической обработки.

На практике могут встречаться случаи, в которых измерения концентраций производится не для всех $j = \overline{1, n}$ загрязняющих веществ, а только для основных $j = \overline{1, n_1}$. В связи с этим возникает необходимость решения задачи для такого случая.

Постановка задачи. В рассматриваемом случае числовые характеристики плотностей распределения f и f_j не могут быть получены только по данным измерений. В связи с этим возникает идея постановки и решения задачи, состоящая в объединении задач [1,2] прогнозной оценки риска для загрязняющих веществ, приземные концентрации которых не измеряются, с задачей [4] апостериорной оценки риска для загрязняющих веществ, приземные концентрации которых измеряются. Полученная таким образом комплексная задача будет давать искомую опытно-теоретическую оценку риска.

При постановке задачи считаются заданными для экстремальных условий [5] следующие величины и зависимости:

1. Проектные параметры источника:

а) геометрические

H_o , м - высота источника выброса над уровнем земли;

D_o , м - диаметр устья источника выброса;

x_f , м - f -ое расстояние от основания источника до точки на прилегающей к источнику поверхности земли, в которой оценивается искомая составляющая экологического риска;

z_f , м - превышение точки, в которой производится оценка искомой составляющей экологического риска, над основанием источника;

б) технологические:

M_j , г/с - масса j -го загрязняющего вещества, выбрасываемая в атмосферу в единицу времени;

F_j - безразмерный коэффициент, учитывающий скорость ожидания вредных веществ в атмосферном воздухе;

ω_o , м/с - средняя скорость выхода газовой смеси (ГВС) из устья источника выброса.;

T_z °С - температура выбрасываемой ГВС;

ΔC_j - погрешность методики определения концентраций.

2. Характеристики внешней среды:

A – коэффициент, зависящий от температурной стратификации атмосферы;

η - безразмерный коэффициент, учитывающий рельеф местности;

T_e °С - температура окружающего атмосферного воздуха;

u , м/с - величина скорости ветра;

φ , рад - изменение азимута вектора скорости;

$C_{\phi j}$, мг/м³ - фоновая концентрация j -го загрязняющего вещества;

3. Среднеквадратические отклонения σ_{gj}, σ_g случайных изменений проектных параметров и характеристик внешней среды (индекс j относится к величинам, зависящим от вида загрязняющих веществ: $M_j, F_j, C_{\phi j}, \Delta C_j$).

4. Зависимость концентраций C_j j -ых загрязняющих веществ от проектных параметров и характеристик внешней среды λ_{gj}, λ_g [5]

$$C_j = C_j(\lambda_{1j}, \dots, \lambda_{4j}, \lambda_5, \dots, \lambda_{m_1}), \quad (3)$$

где $\lambda_{1j} = M_j, \lambda_{2j} = F_j, \lambda_{3j} = C_{\phi j}, \lambda_{4j} = \Delta C_j$ - характеристики, зависящие от вида загрязняющего вещества;

$\lambda_5, \dots, \lambda_{m_1}$ - характеристики, не зависящие от вида загрязняющего вещества.

5. Данные подфакельных и сопровождающих их измерений:

а) при опасном направлении ветра φ_{on} (направление «источник-точка измерений») и наихудших величинах M_j, ω_o [5]:

измеренные в $\kappa = \overline{1, m}$ опытах концентрации n_1 загрязняющих веществ, выбрасываемых источником, $C_{j\kappa}$;

перечень загрязняющих веществ в количестве n_2 , выбрасываемых источником, для которых измерения не производились;

скорость ветра u_κ (м/с) при измерениях;

температура воздуха $T_{в\kappa}$ °С при измерениях;

б) при измеренном направлении ветра φ_κ , рад, отличном от опасного, или величинах $M_{j\kappa}, \omega_{o\kappa}$, отличных от наихудших;

кроме перечисленных в предыдущем пункте а) задаются измеренные величины направления скорости ветра φ_κ , рад, а также

измеренные величины текущего расхода массы j -ых загрязняющих веществ M_{jk} , $j = \overline{1, n_1}$, $k = \overline{1, m}$ и скорости выхода ГВС из устья источника $\omega_{ок}$, $k = \overline{1, m}$.

6. Состав $j = \overline{1, n}$ j -ых загрязняющих веществ и наличие групп суммации вредного действия их.

Необходимо определить в заданной точке местности на расстоянии x_f от основания источника в наихудших условиях [5] составляющую экологического риска для человека от загрязнения атмосферы отдельными загрязняющими веществами α_j , $j = \overline{1, n}$ и от загрязнения атмосферы всеми загрязняющими веществами α .

Метод решения. При рассмотренной постановке задачи опытно-теоретический метод решения ее будет заключаться в приведении в соответствие с [4] измеренных концентраций C_{jk} к наихудшим условиям и статистической обработке приведенных концентраций C_{jk}^{np} , $k = \overline{1, m}$, в результате которой получают числовые характеристики плотностей распределения f и f_j для части измеряемых концентраций загрязняющих веществ:

математические ожидания

$$C_j^* = \frac{\sum_{k=1}^m C_{jk}^{np}}{m}, \quad j = \overline{1, n_1}, \quad (4)$$

среднеквадратические отклонения

$$\sigma_j = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^m (C_{jk}^{np} - C_j^*)^2}{m-1}}, \quad j = \overline{1, n_1}, \quad (5)$$

корреляционные моменты K_{jp} и коэффициенты корреляции r_{jp} между концентрациями j -го и p -го загрязняющих веществ

$$K_j = \frac{\sum_{k=1}^m (C_{jk}^{np} - C_j^*)(C_{pk}^{np} - C_p^*)}{m-1}, \quad j = \overline{1, n_1}; \quad p = \overline{1, n_1}, \quad j \neq p, \quad (6)$$

$$r_{jp} = \frac{K_{jp}}{\sigma_j \sigma_p}.$$

Числовые характеристики плотностей распределения не измеряемых концентраций загрязняющих веществ определяются с использованием метода линеаризации [1]:

математические ожидания

$$C_j^* = C_j(\lambda_{1j}^*, \lambda_{2j}^*, \dots, \lambda_{m_1}^*), \quad j = \overline{n_1 + 1, n}, \quad (7)$$

среднеквадратические отклонения

$$\sigma_j = \sqrt{\sum_{g=1}^4 \left(\frac{\partial C_j}{\partial \lambda_{gj}} \sigma_{\lambda_{gj}} \right)^2 + \sum_{g=5}^{m_j} \left(\frac{\partial C_j}{\partial \lambda_g} \sigma_{\lambda_g} \right)^2}, \quad j = \overline{n_1 + 1, n}, \quad (8)$$

корреляционные моменты K_{jp} и коэффициенты корреляции r_{jp} между j -ым и p -ым загрязняющими веществами, включая множество J индексов j, p между измеряемыми и не измеряемыми концентрациями ($j \in J$)

$$K_{jp} = \sum_{g=5}^{m_j} \frac{\partial C_j}{\partial \lambda_g} \cdot \frac{\partial C_p}{\partial \lambda_g} \sigma_{\lambda_g}^2, \quad (9)$$

$$r_{jp} = \frac{K_{jp}}{\sigma_j \sigma_p}, \quad j \in J, p \in J, j \neq p.$$

Здесь $\frac{\partial C_j}{\partial \lambda_g} \cdot \frac{\partial C_p}{\partial \lambda_g}$ - первые частные производные зависимости

концентраций от возмущающих факторов [1,8];

При необходимости учета нелинейностей в зависимости концентраций от возмущающих факторов для получения числовых характеристик (7)-(9) целесообразно использовать метод статистических испытаний [2].

В связи с вычислительными трудностями определения α при большом числе загрязняющих веществ оценка величин риска α (1) производится с использованием приближенной зависимости, предложенной в [9,10]

$$\alpha = 1 - \prod_{j=1}^n F_j - \frac{1}{n(n-1)\pi} \sum_{j \neq p} \sum_p \arcsin r_{jp} \cdot (F_{\min} - \prod_{j=1}^n F_j), \quad (10)$$

где

$$F_j = 1 - \alpha_j; \quad F_{\min} = \min_j (1 - \alpha_j). \quad (11)$$

При этом при большом числе измерений ($m \geq 100$) величины α_j (2) для загрязняющих веществ с измеренными концентрациями определяются приближенно по частоте [7]

$$\alpha_j = \frac{m_j}{m},$$

где m_j - число превышений приведенных к наихудшим условиям измеренных концентраций своей ПДК_{мрj}.

В случае малого числа измерений или для загрязняющих веществ с неизмеренными концентрациями величины α_j (2) определяют таблично [7] или с помощью ряда [11]

$$\alpha_j = Z(h_j)(b_1 t_j + b_2 t_j^2 + \dots + b_5 t_j^5),$$

где

$$h_j = \frac{ПДК_{мпj} - C_j^*}{\sigma_j}; \quad Z(h_j) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{1}{2} h_j^2\right);$$

$$t_j = \frac{1}{1 + p h_j}, \quad p = 0,2316419, \quad b_1 = 0,31938153,$$

$$b_2 = 0,356563782, \quad b_3 = 1,781477937,$$

$$b_4 = -1,821253978, \quad b_5 = 1,330274429.$$

Выводы. Полученная опытно-теоретическая оценка составляющей экологического риска для человека от точечного источника выбросов загрязняющих веществ в атмосферу позволяет определить суммарный риск и его составляющие от загрязнения отдельными веществами в часто встречающемся на практике случае, в котором по тем или иным причинам не производится измерения приземных концентраций всех загрязняющих веществ.

Дальнейшие работы должны быть направлены на разработку алгоритма и программы решения задачи с целью использования их в экологическом мониторинге предприятий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Применение методов системного анализа, аэродинамики приземного слоя и теории надежности для оценки экологического риска / Артамонова А.В., Долодаренко В.А., Фалько В.В. и др. // *Екологія і природокористування*. - 2003. - № 6. - с. 194-199.
2. Разработка стохастической математической модели загрязнения атмосферного воздуха с использованием метода статистических испытаний и ее применение для оценки экологического риска. / Артамонова А.В., Долодаренко В.А., Фалько В.В. и др. // *Екологія і природокористування*. - 2003. - №5. - с.231-236.
3. Фалько В.В. К вопросу оценки экологического риска для человека в проектах строительства предприятий // *Вісник Сумського держ.ун-ту, серія Технічні науки*, № 6. - Сумы, 2006, - с. 96-104.
4. Разработка математической модели оценки экологического риска по данным измерений приземных концентраций загрязняющих атмосферу веществ / Артамонова А.В., Долодаренко В.А., В.Н.Полторацкая и др. // *Системні технології*. - 2007. - № 5 (52) - с. 112-120.
5. ОНД-86. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. - Л.: Гидрометеоздат, 1987. - 94 с.
6. Предельно допустимые концентрации (ПДК) и ориентированные безопасные уровни воздействия загрязняющих веществ (ОБУВ) в атмосферном воздухе населенных мест. - Донецк, УкрНТЭК, 1998. - 139 с.

7. Вентцель Е.С. Теория вероятностей. Учебник для вузов, 6-е изд. – М.: Высш.школа, 1998. – 576 с.
8. Влияние случайных возмущающих факторов внешней среды на концентрации в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий химической промышленности / Артамонова О.В., Артамонова А.В., Долодаренко В.А., Фалько В.В. Вісн.Дніпропетровського нац.ун-ту. – 2006. № 8. – С. 140-150.
9. Волков Е.Б., Судаков Р.С., Сырицын Т.А. Основы теории надежности ракетных двигателей. – М.: Машиностроение, 1974. – 393 с.
10. Надежность технических систем. Монография / Переверзев Е., Алпатов А., Даниев Ю., Новак П. – Днепропетровск, Пороги, 2002. – 396 с.
11. Дьяконов В.П. Справочник по алгоритмам и программам на языке БЕЙСИК для персональных ЭВМ: Справочник. – М.: Наука, 1987. – 240с.

Получено 05.05.2008 г.