

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО РИСКА ДЛЯ ЧЕЛОВЕКА ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА ВЫБРОСАМИ ПРЕДПРИЯТИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОДФАКЕЛЬНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

Предложена модель оценки риска для использования в экологическом мониторинге крупных предприятий, на которых проводятся подфакельные измерения, с целью принятия управленческих решений, обеспечивающих высокую надежность не превышения концентрациями загрязняющих веществ своих ПДК_{мр}.

Запропоновано модель оцінки ризику для використання в екологічному моніторингу великих підприємств, на яких проводяться підфакельні вимірювання, з метою прийняття управлінських рішень, що забезпечують високу надійність не перевищення концентраціями забруднюючих речовин своїх ГДК_{мр}.

The model of risk assessment for use in environmental monitoring of large enterprises, on which the podfakelnye measurements, in order to make management decisions that ensure high reliability does not exceed the concentrations of pollutants their MAC.

Экологическая обстановка в Украине, обусловленная антропогенным воздействием на окружающую среду, особенно в старопромышленных регионах, является весьма напряженной. Несмотря на то, что в Украине приняты самые жесткие из рекомендованных Всемирной организацией здравоохранения критерии [5], выполнение которых не должно допускать влияние на человека загрязнения окружающей среды, дело дошло до того, что в результате этого загрязнения существенно увеличилась заболеваемость как детского, так и взрослого населения [6] и даже возникли негативные изменения в организмах людей на генном уровне, создавая опасность для их жизней.

Оценка здоровья населения Украины от действия мутагенных экологических факторов в соответствии с принятой шкалой [7] показывает на конфликтно – угрожающее состояние его в конце прошлого и начале текущего столетий.

Как видно из представленных в таблице 1 данных на первом месте среди заболеваемости населения по Днепропетровской области стоят болезни органов дыхания, которые вызывают такие вредные загрязняющие вещества как диоксид азота, диоксид серы и которые выбрасываются обычно при превышениях ПДК предприятиями коксохимической и черной металлургии, как например ПАО «Евраз ДМЗ им. Петровского» (металлургическое производство), ПАО «Евраз ДМЗ им. Петровского» (коксохимическое производство), ОАО «Днепропетровский трубный завод «ОАО» Днепротяжмаш».

Например, общие выбросы загрязняющих веществ в г. Днепропетровске (по данным многолетних наблюдений) составляют около – 170 тыс. т/год, в Днепропетровской области – 1165 тыс. т/год, в Донецкой области – 1600 тыс. т/год. Наблюдается превышение предельно допустимых концентраций по пыли в 2,7 раз (г. Кривой Рог), фенола в 2 раза, формальдегида в 3,3 раза (г. Днепропетровск) и др. О том, что экосистема города не справляется с имеющимся

объемом выбросов загрязняющих веществ, наиболее убедительно свидетельствуют данные инструментальных наблюдений за качеством атмосферного воздуха в разных районах Днепропетровска.

Таблица 1

Заболеваемость населения по Днепропетровской области

Год	Кількість зареєстрованих випадків захворювань									
	У тому числі:									
	всего, тыс.	новообразования	болезни нервной системы	болезни системы кровоснабжения	болезни органов дыхания	подкожные болезни	Болезни костно-мышечной системы	болезни мочепушковой системы	врожденные аномалии	травмы, отравления и др.
2000	2800,2	36,3	61,7	150,4	1244,6	186,5	178,6	178,6	4,4	174,3
2001	2774,6	37,0	61,9	184,1	1130,1	190,0	185,7	207,4	4,6	167,4
2002	2731,4	36,5	60,2	179,9	1079,8	181,1	191,8	209,5	4,6	165,2
2003	2734,9	37,3	58,9	176,7	1110,5	176,9	182,6	212,9	4,0	168,1
2004	2709,7	37,8	56,4	178,3	1081,4	170,6	178,4	232,0	4,1	165,2
2005	2812,0	38,4	56,5	184,8	1156,1	170,5	189,1	240,7	3,9	170,2
2006	2729,7	40,9	54,4	190,6	1072,1	162,6	183,0	253,8	3,9	171,4
2007	2780,5	40,3	51,9	191,3	1125,2	165,9	185,6	248,6	3,8	166,1
2008	2794,7	40,7	54,2	191,9	1108,2	166,7	193,9	261,4	3,8	159,5
2009	2882,4	39,7	53,4	196,3	1180,2	171,2	201,1	262,3	4,5	145,4
2010	2888,3	42,7	51,6	185,4	1183,4	174,7	190,0	276,9	4,3	151,4
2011	2807,9	43,0	49,9	179,1	1160,2	170,8	178,3	257,2	4,2	149,4
2012	2652,9	43,2	50,1	190,6	1055,2	162,3	167,2	236,8	4,5	154,9

Результаты многолетних наблюдений за уровнем загрязнения атмосферы г. Днепропетровска показывают систематическое превышение среднегодовых концентраций загрязнителей:

- пыли - 1.86 ПДК;
- диоксида азота - 2.02 ПДК;
- формальдегида - 2.88 ПДК;
- бенз (а) пирена - 1.35 ПДК.

Близкие к критическим среднегодовые концентрации аммиака (0.95 ПДК), фенола (0.95ГДК) и оксида углерода (0.7ГДК).

По данным постов наблюдений Госкомгидромета в Днепропетровске наиболее загрязненный атмосферный воздух в районе пл. Островського, проспекта Петровского, где содержание пыли, оксидов азота, оксидов углерода, сернистого ангидрида, сероводорода стабильно превышает ПДК в 3-4 раза.

В целом в 15% проб атмосферного воздуха, которые исследовались в течение двух последних лет, наблюдается превышение ПДК по 10 загрязнителям.

Приведенные данные свидетельствуют о тесной взаимосвязи между объемами выбросов загрязняющих веществ и их концентрациями в приземном слое атмосферы.

Изменение качества воздушной среды, т.е. изменение его состава при наличии примесей, происходит вследствие выбросов в нее различных веществ в результате природных процессов и хозяйственной деятельности человека. Все это говорит о необходимости совершенствования методов и способов оценки антропогенного влияния на окружающую природную среду и принятия мер по его уменьшению.

В настоящее время в проектах строительства предприятий, зданий и сооружений при прогнозных оценках величин приземных концентраций C_j j -тых загрязняющих веществ (ЗВ), образующихся от выбросов источников, применяются детерминированные зависимости (так называемая модель Берлянда [1]). Недостатком их является то, что они не учитывают случайные отклонения проектных параметров источников и характеристик внешней среды в рассматриваемый промежуток времени. В реальных условиях это может приводить к превышению с некоторой вероятностью α принятого в Украине норматива качества атмосферного воздуха – максимальных разовых предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ для населенных мест (ПДК_{мп}).

С целью исключения этого недостатка установлены закономерности стохастического поля приземных концентраций ЗВ, которое в фиксированной точке А местности в окрестности источников выбросов образует систему (вектор) коррелированных случайных величин (C_1, C_2, \dots, C_n) .

Математическая модель этого поля определяет в точке А плотность распределения случайных изменений концентраций, а числовые характеристики плотности определяются путем статистической обработки данных подфакельных измерений концентраций:

- математические ожидания j -тых ЗВ

$$C_j^* = \frac{1}{m} \sum_{k=1}^m C_{jk}$$

- среднеквадратические отклонения

$$\sigma_j = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^m (C_{jk} - C_j^*)^2}{m-1}},$$

- корреляционные моменты K_{jp} и коэффициенты корреляции между j -тым и p -ым ЗВ

$$K_{jp} = \frac{1}{m-1} \sum_{k=1}^m (C_{jk} - C_j^*)(C_{pk} - C_p^*), \quad r_{jp} = \frac{K_{jp}}{\sigma_j \sigma_p},$$

где C_{jk} - полученные в k -том измерении концентрации j -тых ЗВ, m - число измерений.

Так как k -тые измерения проводятся при условиях, отличных от наилучших, для которых определены ПДК_{мпj}, то в измеренные концентрации вводи-

лись поправки ΔC_{jk} , учитывающие это отличие и определяемые на основании модели Берлянда по формуле (величины с нижним индексом «к» относятся к условиям измерений):

$$\Delta C_{jk} = \frac{AM_j F_j m n \eta}{H^2 \sqrt[3]{\frac{\pi D^2}{4} w_0 (T_z - T_e)}} r(u) \cdot S_1(x) \cdot S_2(x, y) - \frac{A_k M_{jk} F_{jk} m_k n_k \eta_k}{H_k^2 \sqrt[3]{\frac{\pi D_k^2}{4} w_{0k} (T_{zk} - T_{ek})}} \cdot r(u_k) \cdot S_1(x_k) \cdot S_2(x_k, y_k),$$

где:

- характеристики внешней среды: A – коэффициент, зависящий от температурной стратификации атмосферы и определяющий условия вертикального и горизонтального рассеивания ЗВ в атмосферном воздухе; T_e – температура окружающего атмосферного воздуха, °C; η – безразмерный коэффициент, учитывающий влияние рельефа местности; u – величина скорости ветра, м/с; φ – отклонение азимута ветра скорости в период измерений, рад;
- геометрические проектные параметры: H – высота источника выброса, м; D – диаметр устья источника выброса, м; x, y – координаты рассматриваемой точки A вдоль оси факела и по перпендикуляру к ней ($x = R \cdot \cos \varphi$; $y = R \cdot \sin \varphi$, R – расстояние от основания источника до рассматриваемой точки местности);
- технологические проектные параметры: M_j – масса выброса j -го ЗВ, г/с; F_j – безразмерный коэффициент, учитывающий скорость оседания загрязняющих веществ в атмосферном воздухе; T_z – температура выбрасываемой газовойоздушной смеси, °C; w_0 – средняя скорость выхода газовойоздушной смеси (ГВС) из устья источника выброса, м/с.

Остальные величины: m и n – безразмерные коэффициенты, учитывающие условия выхода ГВС из устья источника выбросов; $r(u)$ – коэффициент, учитывающий влияние величины скорости ветра u ; $S_1(x)$, $S_2(x, y)$ – коэффициенты, учитывающие влияние изменения расстояния x, y при изменении в процессе измерений угла φ [1].

Математическая модель величины экологического риска для человека, определяется как вероятность превышения хотя бы одной j -той ($j = \overline{1, n}$) концентрацией своей максимальной разовой предельно допустимой концентрации для населенных мест:

$$\alpha = \int_{\text{ПДК}_{\text{мп1}}}^{\infty} \dots \int_{\text{ПДК}_{\text{мпn}}}^{\infty} f(C_1, C_2, \dots, C_n) dC_1 \cdot dC_2 \dots dC_n,$$

где f – плотность распределения концентраций ЗВ в рассматриваемой точке местности с полученными выше числовыми характеристиками.

Такой риск является интегральным показателем качества атмосферного воздуха и при обеспечении его малой величины с высокой надежностью гарантируется отсутствие превышения концентраций загрязняющих веществ ПДК_{мп}.

С использованием полученных математических моделей разработана методика оценки экологического риска по данным подфакельных измерений.

Методика включает:

- алгоритм по оценке экологического риска по данным подфакельных измерений концентраций ЗВ от одиночного точечного источника выбросов [2];
- алгоритм по оценке экологического риска по данным подфакельных измерений концентраций ЗВ от группы точечных источников выбросов [3].

На основании методики и данных подфакельных измерений выполнена оценка экологического риска для предприятия ОАО «Днепрококс», г. Днепропетровск [3].

Она показала на высокий фактический риск превышения концентраций ЗВ своих ПДК_{мр} ($\alpha = 0,952$). Одной из причин этого является то, что в проектах строительства (реконструкции) предприятия ПАО ЕВРАЗ (ОАО «Днепрококс») и предприятий, оказывающих влияние на величину концентраций ЗВ в точке измерений, не учитывался стохастический характер поля концентраций.

Полученные результаты математического моделирования позволяют перейти к решению задачи управления риском α с целью достижения высокой надежности не превышения концентрациями ЗВ своих ПДК_{мр}. Управляемыми величинами здесь должны выступать проектные параметры источников, выбирая которые достигается малый риск α . Выбранные оптимальные величины их реализуются путем реконструкции предприятий.

Методика рекомендуется для использования в экологическом мониторинге крупных предприятий, на которых проводятся подфакельные измерения, с целью принятия управленческих решений, обеспечивающих высокую надежность не превышения концентрациями ЗВ своих ПДК_{мр}.

Список литературы

1. ОНД – 86. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. – Л.: Гидрометеиздат.-1987. - 94 с.
2. Полторацкая В.Н. Алгоритм оценки составляющей экологического риска, обусловленной загрязнением атмосферного воздуха, по данным подфакельных измерений концентраций // Вісн. Придніпровської держ. академ. будівництва та архітектури. – Дніпропетровськ, 2007. - №12. - С. 36-48.
3. Алгоритм решения задачи оценки экологического риска от группы точечных источников выбросов по данным измерений / Артамонова А.В., Долодаренко В.А., Полторацкая В.Н., Фалько В.В.//Матер. IV наук.- практ. конф. «Проблеми природокористування, сталого розвитку та техногенної безпеки регіонів», 02-05 жовтня 2007 р., ч. II. – Дніпропетровськ. – 2007. – С. 11, 12.
4. Полторацкая В.Н., Полищук С.З., Тимошенко Е.А. Оценка экологического риска на примере точечных источников выбросов предприятия ОАО «Днепрококс», г. Днепропетровск // Строительство, материаловедение, машиностроение». Сб. научн. трудов. Вып. 48, ч.2. – Днепропетровск, ПГАСА, 2009. – С. 218 – 225.
5. Предельно допустимые концентрации (ПДК) и ориентированные безопасные уровни воздействий загрязняющих веществ (ОБУВ) в атмосферном воздухе населённых мест. – Донецк: Укр НТЭК, 1998. – 139 с.
6. Основні методологічні положення та оцінка впливу забруднення навколишнього середовища на здоров'я людини / Горова А.І., Огір Л.Б., Сокульский А. А. [та ін.] // Екологія і природокористування. – Дніпропетровськ, 2003. – Вип.5. – С. 88–93.

*Рекомендовано до публікації д.т.н. Зберовським О.В.
Надійшла до редакції 10.11.13*