©Т.В. Гавриленко, сайт http://road-project.okis.ru

*Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2009. Отдельный выпуск 17.- С. 257-261.*

УДК 502.55(203): 625.7

# ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПОТЕНЦИАЛЬНОГО ТЕРРИТОРИАЛЬНОГО РИСКА В ПРИДОРОЖНОМ ПРОСТРАНСТВЕ

***Гавриленко Т.В., Адмаев О.В.***

**(*Сибирский федеральный университет, г. Красноярск*)**

В работе приводится вероятностная оценка потенциального риска в придорожной территории (потенциального территориального риска), вызванного действием выбросов в атмосферу продуктов сгорания автомобильного топлива.

Потенциальный территориальный риск представляет собой пространственное распределение вероятности реализации негативного воздействия определённого уровня. Он характеризует потенциал максимально возможного риска для человека, находящегося в данной точке пространства. Эта мера риска не зависит от факта нахождения человека в данном месте пространства, т. е. предполагается, что вероятность его нахождения равна 1.

Для исследований риска был выбран диоксид азота ($NO_2$), относящийся к числу наиболее вредных веществ в продуктах сжигания топлива. Он является токсичным и относится ко второму классу опасности. На организм человека данное вещество действует как острый раздражитель. Попадая на слизистую оболочку, оксиды азота преобразуются в азотную и азотистую кислоты, вызывающие болезненные явления. Возможные последствия в зависимости от величины концентрации и продолжительности действия приведены в табл. 1.

Таблица 1 – Возможные последствия в зависимости от продолжительности действия и концентрации диоксида азота в воздухе

| Продолжительность действия и возможные последствия | Концентрация в воздухе $NO_2$, мг/м$^3$ |
|---|---|
| Несколько часов без заметного действия | не более 15 |
| Через 2-3 часа появляются признаки начала отравления – раздражение слизистых оболочек | не более 20 |
| Через 30 мин – серьёзное отравление | не более 100 |
| Опасно для жизни при кратковременном воздействии | более 150 |
| Угроза отека лёгких | 200-300 |

Потенциальный территориальный риск $RI_i$ рассчитывался на различном расстоянии от кромки проезжей части дороги по формуле, взятой из книги Алымова В.Т. и Тарасовой Н.П. «Техногенный риск: Анализ и оценка» (2006):

$$RI_i = 1 - \exp\left[-0{,}174\left(\frac{\bar{c}_i}{\text{ПДК}_{\text{сс}} \cdot K_з}\right)^{\beta} t\right], \qquad (1)$$

где $i$ – порядковый номер точки придорожного пространства на некотором расстоянии от оси дороги, $\bar{c}_i$ - среднегодовая концентрация диоксида азота в придорожной полосе в $i$-й точке, $\text{ПДК}_{\text{сс}}$ – среднесуточная предельно допустимая концентрация диоксида азота, равная 0,04 мг/м$^3$, β и $K_з$ – коэффициенты, зависящие от класса опасности вещества, $t$ – расчётное время. Для второго класса опасности, к которому относится диоксид азота, параметры β=1,31 и $K_з$=6,0. Расчётное время принималось равным 1 году.

Среднегодовая концентрация диоксида азота $\bar{c}_i$ в $i$-й точке придорожного пространства рассчитывалась с учётом всех погодных состояний по формуле

$$\bar{c}_i = \sum_k p_k c_{k,i} \qquad (2)$$

где $p_k$ – вероятность $k$-го погодного состояния, $c_{k,i}$ – концентрация диоксида азота в атмосферном воздухе в $i$-й точке при $k$-м погодном состоянии.

Концентрация диоксида азота в атмосферном воздухе определялась по методике, изложенной в нормативном документе Министерства транспорта Российской Федерации «Рекомендации по учету требований по охране окружающей среды при проектировании автомобильных дорог и мостовых переходов» (1995). В точке $i$ она вычисляется по формуле

$$c_{k,i} = \frac{2q}{\sqrt{2\pi} \cdot \sigma \cdot r_k \cdot V_k \cdot \sin\varphi_k} + F, \qquad (3)$$

где $q$ – мощность эмиссии, г/(м·с); σ – стандартное отклонение Гауссового рассеивания, зависящее от расстояния от оси дороги, м; $r_k$ – коэффициент, учитывающий уровень солнечной радиации; $V_k$ – преобладающая скорость ветра, м/с (при штиле принималась равной 0,5 м/с); $\varphi_k$ – угол между направлением ветра и осью трассы (при $\varphi_k < 30°$, $\sin\varphi_k = 0{,}5$); $F$ – фоновая концентрация загрязнения воздуха, г/м$^3$.

Мощность эмиссии $q$ в свою очередь вычисляется по зависимости

$$q = 2{,}06 \cdot 10^{-4} \cdot m \cdot \left[\left(\sum_{i=1}^{I_к} G_{кi} \cdot N_{кi} \cdot K_к\right) + \left(\sum_{i=1}^{I_д} G_{дi} \cdot N_{дi} \cdot K_д\right)\right], \qquad (4)$$

где $2{,}06 \cdot 10^{-4}$ – коэффициент перехода; $m$ – коэффициент, учитывающий дорожные и автотранспортные условия; $G_{ik}$, $G_{i\partial}$ – средний эксплуатационный расход топлива для данного типа карбюраторных и дизельных автомобилей соответственно, л/км; $N_{\kappa i}$, $N_{\partial i}$ – расчетная перспективная интенсивность движения каждого выделенного типа карбюраторных и дизельных автомобилей, авт./час; $K_{\kappa}$, $K_{\partial}$ – коэффициенты, учитывающие тип двигателя.

При оценке вероятностей погодных состояний использовались данные натурных наблюдений из книги «Климат Красноярска» под редакцией Швер Ц.А. и Герасимовой А.С., приведённые в табл. 2. В ней введены обозначения: $v_{ср}$ – средняя скорость ветра; $P_в$ – повторяемость; $\tau_{ср}$, $\tau_{макс}$ – средняя и максимально возможная продолжительность солнечного сияния соответственно.

Таблица 2 – Климатические показатели г. Красноярска

| Направление ветра | Зима | | Весна | | Лето | | Осень | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $v_{ср}$, м/с | $P_в$,% | $v_{ср}$, м/с | $P_в$,% | $v_{ср}$, м/с | $P_в$,% | $v_{ср}$, м/с | $P_в$,% |
| С | 2 | 3 | 3 | 4 | 3 | 5 | 2 | 3 |
| СВ | 3 | 7 | 3 | 6 | 3 | 11 | 2 | 6 |
| В | 3 | 5 | 4 | 6 | 3 | 12 | 3 | 8 |
| ЮВ | 3 | 1 | 3 | 2 | 3 | 3 | 3 | 2 |
| Ю | 6 | 4 | 5 | 6 | 3 | 5 | 4 | 6 |
| ЮЗ | 7 | 37 | 6 | 31 | 4 | 22 | 5 | 34 |
| З | 5 | 35 | 6 | 35 | 4 | 30 | 5 | 33 |
| СЗ | 3 | 8 | 5 | 10 | 3 | 12 | 4 | 8 |
| Штиль | - | 28 | - | 13 | - | 22 | - | 21 |
| Продолжительность солнечного сияния, ч | $\tau_{ср}$ | $\tau_{макс}$ | $\tau_{ср}$ | $\tau_{макс}$ | $\tau_{ср}$ | $\tau_{макс}$ | $\tau_{ср}$ | $\tau_{макс}$ |
| | 181 | 724 | 588 | 1295 | 765 | 1519 | 299 | 793 |

В качестве возможных погодных состояний рассматривались состояния, связанные с направлением ветра и присущей данному направлению средней скорости ветра. Вероятности их наступления оценивались по розе ветров. Также учитывалось два уровня солнечной радиации. Сильная солнечная радиация наблюдается в светлое время суток при солнечной ясной погоде. Доли состояний погоды с сильной радиацией оценивались по формуле

$$P_c = \frac{\tau_{ср}}{\tau_{макс}}, \qquad (5)$$

где $\tau_{ср}$, $\tau_{макс}$ – средняя и максимально возможная продолжительность солнечного сияния соответственно, ч.

Доли состояний погоды со слабой солнечной радиацией определялись по зависимости

$$P_n = 1 - P_c. \quad (6)$$

На основе вышеуказанных данных были получены значения вероятностей для 72 погодных состояний, учитывающих время года, направление ветра с характерной для него скоростью, уровень радиации. По формуле полной вероятности должно выполняться условие $\sum_{k=1}^{72} p_k = 1$.

Средняя величина интенсивности движения по данным натурных наблюдений в г. Красноярске на проспекте Свободный в районе остановки «Сады» принималась равной 1212 авт./ч. Состав наблюдавшегося транспортного потока приведён в табл. 3. Результаты расчётов по изложенной методике приведены в табл. 4. Из таблицы видно, что значение концентрации диоксида азота в атмосфере придорожного пространства достигает предельно допустимого значения только на расстоянии около 100 м. При этом величина потенциального территориального риска уменьшается более чем в 10 раз.

Таблица 3 – Состав транспортного потока

| Вид автотранспортного средства | Вид двигателя | % в потоке |
|---|---|---|
| легковые | карбюраторные | 75 |
| малые грузовые грузоподъёмностью до 5 т | карбюраторные | 12 |
| грузовые грузоподъёмностью более 5 т | карбюраторные | 4 |
| тяжелые грузовые (КАМАЗ) | дизельные | 2 |
| автобусы (ЛиАЗ) | карбюраторные | 7 |

Таблица 4 – Значения среднегодовой концентрации и потенциального территориального риска в придорожном пространстве

| Параметр | Значения параметров на различном удалении от кромки проезжей части | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 10 м | 20 м | 40 м | 60 м | 80 м | 100 м | 120 м |
| Среднегодовая концентрация, мг/м$^3$ | 0,255 | 0,126 | 0,085 | 0,064 | 0,051 | 0,039 | 0,032 |
| Доли ПДК$_{СС}$ | 6,39 | 3,16 | 2,13 | 1,59 | 1,27 | 0,98 | 0,79 |
| Потенциальный территориальный риск | 0,172 | 0,072 | 0,044 | 0,031 | 0,023 | 0,016 | 0,012 |

Полученные значения потенциального территориального риска планируется использовать при расчёте индивидуального и социального рисков в дальнейшей работе.