

УДК 502.36/.504.3.054:656.2

© Н.Н. Беляев, Е.Ю. Гунько, Л.Я. Мунтян

ОЦЕНКА ТЕРРИТОРИАЛЬНОГО РИСКА ПРИ АВАРИЯХ НА ТРАНСПОРТЕ

Предложен метод оценки территориального риска при авариях на железнодорожном транспорте. Метод базируется на численном моделировании загрязнения атмосферы. Для численного интегрирования используется неявная разностная схема. Представлены результаты вычислительного эксперимента.

Запропоновано метод оцінки територіального ризику при аваріях на залізничному транспорті. Метод базується на чисельному моделюванні забруднення атмосфери. Для чисельного інтегрування використовується неявна різницева схема. Представлені результати обчислювального експерименту.

The method of territorial risk assessment after accidents at the railway was developed. A method is based on numeral integration of the equation admixture dispersion in atmosphere. To solve the modeling equation the implicit scheme is used. Results of the numerical simulations are presented.

Актуальность. Как известно, по железной дороге происходит транспортировка в больших объемах химически опасных грузов. Поэтому в случае аварии возникает риск масштабного загрязнения окружающей среды и поражения людей (рис.1). В этой связи возникает важная задача по оценке риска поражения населения в селитебных зонах, которые прилегают к железнодорожной магистрали [2,4].



Рис. 1. Эмиссия загрязняющих веществ при аварии на железной дороге

Необходимо отметить, что прогноз такого риска является очень важной задачей. Однако, в Украине существует ограниченное количество методик для решения такой задачи с точки зрения оценки на величину риска физических факторов, влияющих на формирование возможной зоны загрязнения и интенсивность поражающего фактора - концентрации.. Нормативная методика оценки риска носит общий, теоретический характер и не дает конкретных зависимостей, формул, по которым можно было бы оценить величину риска с учетом специфики аварий на железной дороге. Необходимо отметить, что особенностью аварий на транспорте является нестационарная эмиссия загрязняющих веществ и поэтому нормативные методики типа ОНД-86 или методика прогноза последствий аварий на транспорте не могут быть применены для задачи по оценке уровня загрязнения атмосферы и прогноза территориального риска.

Поэтому актуальной задачей является разработка эффективных методов оценки риска при масштабных авариях на железной дороге.

Математическая модель. Оценка территориального риска осуществляется в определенной последовательности [1] (рис.2). Основой решения данной задачи, при аварии на железной дороге, является оценка уровня загрязнения атмосферы при вероятной метеорологической ситуации. Для моделирования процесса рассеивания опасных веществ, в случае аварии, используется уравнение переноса примеси [2-4]:

$$\begin{aligned} \frac{\partial C}{\partial t} + \frac{\partial uC}{\partial x} + \frac{\partial vC}{\partial y} + \frac{\partial (w - w_s)C}{\partial z} + \sigma C = \text{div}(\mu \text{grad} C) + \\ + \sum_{i=1}^N Q_i(t) \delta(x - x_i) \delta(y - y_i) \delta(z - z_i), \end{aligned} \quad (1)$$

где C – концентрация опасного вещества; σ – коэффициент, учитывающий химический распад загрязнителя; u, v, w – компоненты вектора скорости ветрового потока; w_s – скорость гравитационного оседания загрязнителя; $\mu = (\mu_x, \mu_y, \mu_z)$ – коэффициенты атмосферной турбулентной диффузии; Q – интенсивность выброса опасного вещества; $\delta(x - x_i) \delta(y - y_i) \delta(z - z_i)$ – дельта-функция Дирака; x_i, y_i, z_i – координаты источника эмиссии; t – время.

При реализации данной модели профиль ветра рассчитывается по логарифмической зависимости скорости ветра от высоты. Постановка краевых условий для данного уравнения рассмотрена в [2-4]. Для численного интегрирования данного уравнения применяется неявная разностная схема расщепления [2-4]. Разработан код «Risk-2» на алгоритмическом языке FORTRAN, осуществляющий расчет загрязнения атмосферы и оценки территориального риска на базе численных данных, полученных путем решения уравнения (1).

Для проведения вычислительного эксперимента на базе построенной численной модели необходимо задать профиль скорости и направления ветра, место аварийного выброса, интенсивность эмиссии химически опасного вещества, продолжительность эмиссии, положение рецепторов.

Практическая реализация модели. На последующих рисунках представлены результаты расчета территориального риска для следующей модельной задачи. На станции «Павлоград-1» (рис.3) возможен выброс аммиака с интенсивностью 25 кг/с в течение 10 минут. Эмиссия осуществляется в результате разгерметизации цистерны. По данным метеопрогноза, на период времени, когда состав будет на данной станции, вероятны следующие ситуации: скорость ветра – 1 м/с (вероятность 14,3%), скорость ветра – 5 м/с (вероятность 42,85%), скорость ветра – 6 м/с (вероятность 42,85%), во всех случаях направление ветра юго-восточное. Размеры расчетной области 10 км*10 км.



Рис. 2. Этапы определения территориального риска

На рис. 4 представлена зона загрязнения атмосферы для одной из метеоситуаций. Хорошо видно как под влияние шлейфа попадает селитебная территория.

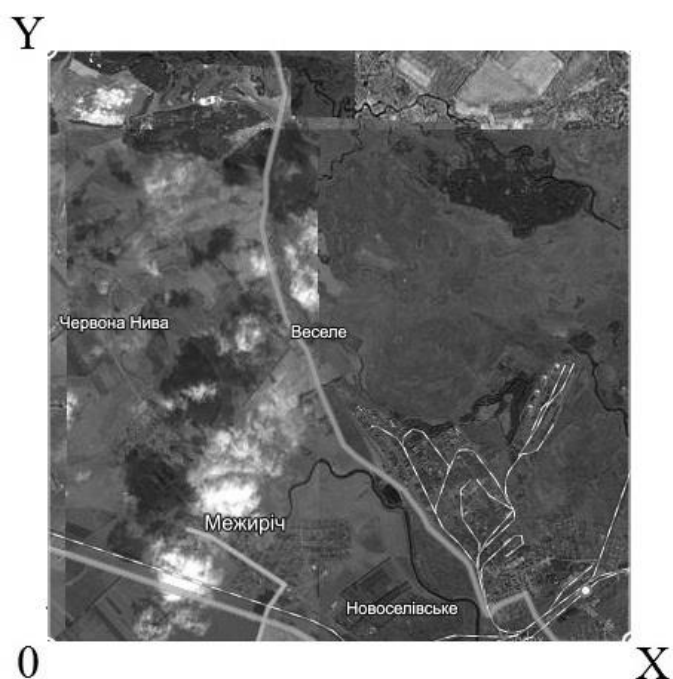


Рис. 3. Расчетная область (станция «Павлоград -1»)

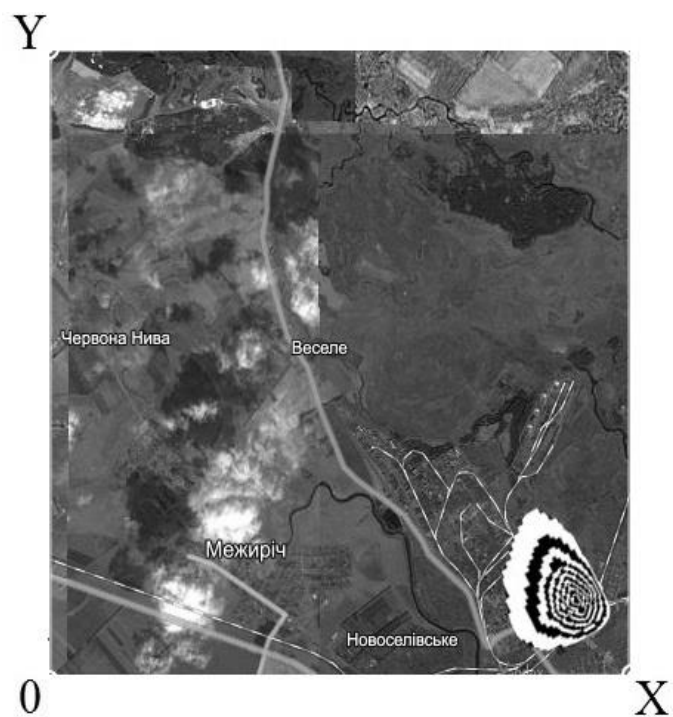


Рис. 4. Зона загрязнения атмосферы (уровень $z=10$ м, время 10 мин)

При оценке потенциального территориального риска принималось, что при концентрации равной или большей величины $0,2 \text{ мг/м}^3$ – рецептор попадает в зону риска. На рис.5 представлена матрица потенциального территориального риска в данном регионе для рассматриваемых сценариев реализации возможных метеоситуаций.

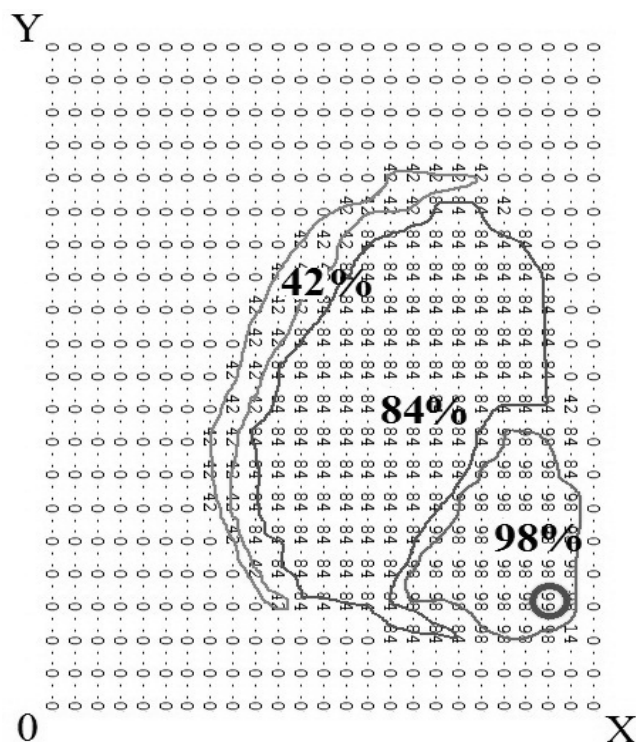


Рис. 5. Матрица территориального риска

Как видно из рис.5 значительному риску (84% - 98%) подвергается большая часть региона, что ставит на передний план задачу минимизации последствий такого вида аварий на железной дороге.

Выводы. В работе рассмотрен метод оценки территориального риска в случае аварий на железнодорожном транспорте. Основу метода составляет численное моделирование процесса загрязнения атмосферы с последующей оценкой размеров зон, попадающих под влияние источника эмиссии. Дальнейшее совершенствование данного направления следует проводить в направлении создания 3D модели для расчета территориального риска в случае залповых выбросов опасных веществ на транспорте.

Список литературы

1. Алымов В.Т. Техногенный риск: Анализ и оценка: Учебное пособие для вузов / В. Т. Алымов, Н. П. Тарасова. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2004. – 118 с.
2. Беляев Н. Н. Защита зданий от проникновения в них опасных веществ: Монография / Н. Н. Беляев, Е. Ю. Гунько, Н. В. Росточило. – Д.: «Акцент ПП», 2014. – 136 с.
3. Численное моделирование распространения загрязнения в окружающей среде / М. З. Згуровский, В. В. Скопецкий, В. К. Хрущ, Н. Н. Беляев. – К.: Наук. думка, 1997. – 368 с.
4. Biliaiev M. Numerical Simulation of Indoor Air Pollution and Atmosphere Pollution for Regions Having Complex Topography / M. Biliaiev // Air Pollution Modeling and its Application XXI, Springer, 2012. – P. 87–91.
5. Guidance on safety Risk Assessment for Chemical Transport Operations // The European Chemical Industry Council. Cefic. October 2013. www.cefic.org.

Рекомендовано до публікації д.т.н. Голіньком В.І.
Надійшла до редакції 28.09.2014