

**А.А. Горюнкова**

(Тульский государственный университет;  
e-mail: anna\_zuykova@rambler.ru)

## **О МЕТОДОЛОГИИ МОНИТОРИНГА И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ ПРИ АВАРИЙНЫХ ВЫБРОСАХ ОПАСНЫХ ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ**

*Разработаны предложения по методологии мониторинга и прогнозирования загрязнения атмосферы при аварийных выбросах опасных химических веществ на промышленных предприятиях, расположенных в черте крупных городов. Приведены основные факторы, влияющие на рассеивание и распространение загрязняющих веществ в атмосферном воздухе.*

*Ключевые слова: экологический мониторинг, загрязнение атмосферы, зона аэродинамической тени, модель рассеивания.*

**A.A. Gorjunkova**

## **ABOUT OF METHODOLOGY OF MONITORING AND PREDICTION OF POLLUTION OF THE ATMOSPHERE IN THE EMERGENCY OF DANGEROUS CHEMICALS**

*The article presents the methodology for monitoring and forecasting of air pollution with accidental releases of hazardous chemicals at industrial facilities located within the boundaries of large cities. The main factors influencing the dispersal and distribution of pollutants in the air.*

*Key words: environmental monitoring, pollution, wind shadow zone, model dispersion.*

Статья поступила в редакцию Интернет-журнала 15 марта 2011 г.

Очень часто промышленные объекты находятся вблизи, а также в черте крупных городов, что представляет большую опасность для населения этих городов. Поэтому большую актуальность представляют теории и методологии мониторинга и прогнозирования загрязнения атмосферы, в том числе при аварийных выбросах опасных химических веществ. Процессы, происходящие в атмосферном воздухе, подчиняются известным законам, и возможность описать эти процессы математическими формулами является важнейшей задачей, определяющей достоверность той или иной теории.

В крупных промышленных городах температура воздуха выше, чем за городом [1-3]. Кирпич, бетон, кровля зданий, асфальт, аккумулируя тепло, нагреваются сильнее, чем покрытая растительностью почва загородной территории.

Поднимающийся теплый городской воздух замещается воздушными массами, подтекающими с прилегающих территорий. При этом возникает устойчивое направление движения воздуха – от периферии к центру. Скорость воздушных потоков в городской черте составляет около 2 м/с. Городской ветер появляется, как правило, в утренний период, когда начинает нагреваться воздушная среда городской территории, и удерживается до полудня – времени минимальной разности температур. Коэффициенты рассеивания над районами застройки выше, чем над незастроенной поверхностью сравнительно спокойного рельефа,

так как препятствия в виде зданий на пути потоков создают вертикальные и горизонтальные вихри. Последнее значительно увеличивает турбулентность воздушной среды.

Как показали исследования на моделях [4], процесс обтекания воздушным потоком группы последовательно расположенных зданий отличается от процесса обтекания одиночного здания. Если модели зданий имеют приблизительно одинаковую высоту, то около первого (по потоку ветра) здания образуются зона подпора, наветренная и заветренная зоны (при широком здании) или единая зона (при узком здании), мало чем отличающаяся от циркуляционных зон около отдельно стоящего здания.

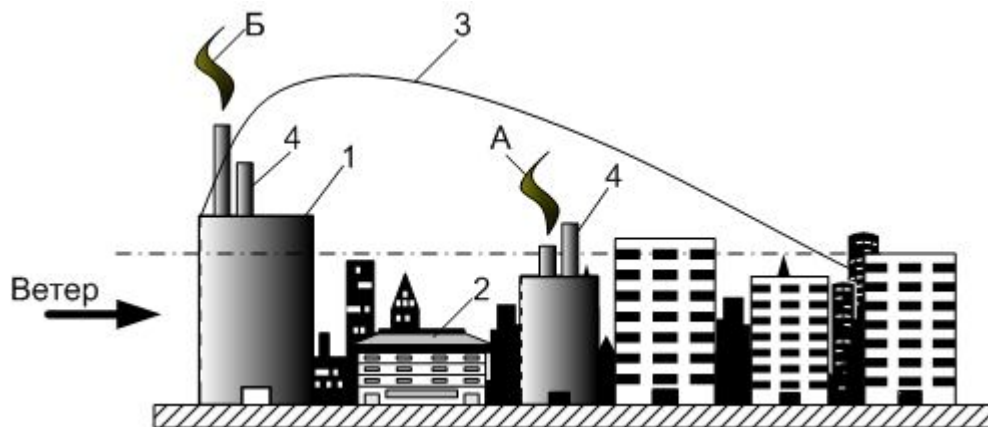
Если расстояния между такими зданиями будут равны или меньше двух их высот, что характерно для городской застройки, то над вторым (по потоку) и последующими зданиями ветровой поток проносится в основном над верхними гранями зданий, лишь небольшая его часть попадает в пространство между зданиями, образуя эллиптические вихри. Исключение составляет зона, которая находится позади последнего здания в ряду, протяженность которой вдоль направления движения потока не превышает 2-4 высот здания [5, 6].

Характер образования воздушных потоков в условиях города очень сложен и зависит от плотности застройки, высоты зданий, рельефа местности, ширины улиц, их расположения и других факторов, которые сложно учесть при расчете рассеивания выбрасываемых в атмосферу вредных примесей на основе общетеоретических моделей. Это обстоятельство существенно повышает ответственность выбора методики и условий расчета, обеспечивающих достаточную надежность прогнозирования величин максимальных концентраций вредных примесей в приземном воздухе городской застройки.

В настоящее время нет достаточно обоснованной методики расчета рассеивания загрязнений, учитывающей особенности городской застройки. В условиях городской застройки возможности для рассеивания вредных примесей более ограничены, чем на промышленной площадке, так как нет значительного пространства, на котором можно было бы допустить концентрации вредных примесей, превышающие нормативные.

Поэтому здесь в большей степени, чем на промышленной площадке, необходимо учитывать факторы, повышающие точность расчета количества выбросов вредных веществ и условий их рассеивания в атмосфере. Применительно к автономным котельным и аварийным источникам газотранспортных систем, это требует совершенствования методов определения характеристик выбросных факелов.

При оценке условий рассеивания загрязнений воздушного бассейна в условиях города необходимо учитывать плотность застройки, высоту зданий, особенность размещения и характер взаимного влияния соседних высоких зданий на движение воздушных потоков над ними. Прежде всего, это относится к образованию зоны аэродинамической тени над зданием, для источника которого рассчитывается выброс в атмосферу. Очевидно, что расчетные условия организации выбросов низкого здания должны исключать их попадание в зону аэродинамической тени, создаваемой высоким зданием (рис. 1) [5, 6].

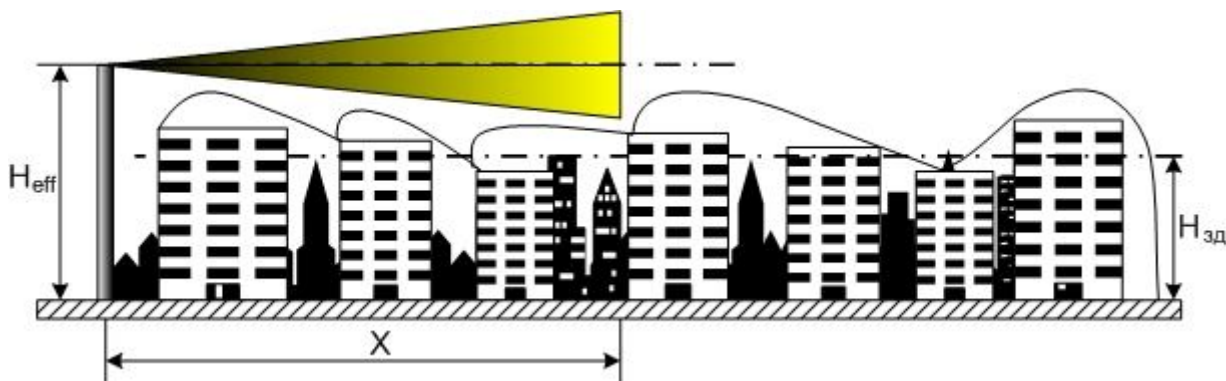


**Рис. 1.** Организация выброса загрязнений из низкого затененного здания:  
 А – выброс в зону аэродинамической тени;  
 Б – выброс выше зоны аэродинамической тени;  
 1 – высокое здание; 2 – низкое здание; 3 – граница зоны аэродинамической тени; 4 – выбросная труба

В условиях города с высокими зданиями необходимо учитывать возможность попадания загрязнений, удаляемых через высокие трубы, в окна высоких зданий, находящихся на значительном расстоянии от источника выброса.

Известно, что при устойчивом состоянии атмосферы, когда падение температуры по высоте менее  $1\text{ }^{\circ}\text{C}$  на  $100\text{ м}$ , газовый факел приобретает форму конуса с горизонтальной осью. Такая струя касается земли на большем расстоянии от источника выброса, чем волнообразная, образуемая при сверхадиабатическом вертикальном градиенте температуры, когда состояние атмосферы очень неустойчиво.

Конусная форма струи должна быть принята в качестве расчётной для определения концентрации примеси на заданной высоте от уровня земли, то есть на уровне окон верхних этажей высоких зданий (рис. 2), или окон зданий, расположенных на возвышенной местности. Закономерность изменения концентрации с расстоянием  $X$  существенно зависит от уровня  $Z$ , к которому она относится.



**Рис. 2.** Расчётная схема к определению концентраций загрязняющих веществ на уровне окон верхних этажей:  
 $H_{eff}$  – эффективная высота выброса;  
 $X$  – расстояние от трубы до расчетной точки;  
 $H_{зд}$  – осредненная высота зданий застройки

У земной поверхности на некотором расстоянии от источника  $x_i$  отмечается максимальное значение приземной концентрации. По мере увеличения расстояния от уровня земли  $Z$  максимум концентрации смещается к источнику. На горизонтальной оси конусной струи, когда  $Z = H_{eff}$ , концентрация монотонно убывает с увеличением  $X$ .

При достижении нижней границей струи отметки осредненной высоты зданий застройки характер изменений концентрации вредных веществ отражает сложную закономерность совместного влияния многих факторов. Доминирующим, очевидно, является осредненная высота зданий застройки. Степень проявления данного фактора определяющим образом зависит от плотности застройки, подходы к оценке которой в последнее время существенно меняются. Очевидным, подкрепленным замерами фактом, можно считать, что положение максимума концентрации по вертикали постепенно снижается до уровня поверхности кровли зданий при расстояниях между ними менее  $0,8 H_{зд}$  [6].

С уменьшением скорости ветра максимальная концентрация вредных веществ увеличивается, а расстояние от источника до точки максимальной концентрации  $X_i$  уменьшается.

С учётом базовых моделей рассеивания, приведённых в [6], автором получены формулы для определения концентраций вредных веществ на уровне окон соседних (близкорасположенных) высоких зданий, когда факел рассеивания от точечного источника может достигать этих заданий. Очевидно, что выбор базовой модели осуществляется с учётом результатов мониторинга.

Статья подготовлена по результатам Государственного контракта П216 по теме "Обеспечение безопасности населения и окружающей среды путём снижения риска и уменьшения последствий техногенных катастроф" в рамках реализации ФЦП "Научные и научно-педагогические кадры инновационной России" на 2009-2013 годы.

### Литература

1. **Пашацкий Н.В., Прохоров А.В., Мозин В.В.** Рассеивание выбросов из производственной трубы в воздушном бассейне // Инженерная экология. 2000. № 3. С. 30-37.
2. **РД 52.04.186-89.** Охрана природы. Атмосфера. Руководство по контролю загрязнения атмосферы. Введ. 1991-07-01. М.: Госкомгидромет СССР, 1991.
3. **ГОСТ 17.2.1.04-77.** Охрана природы. Атмосфера. Источники и метеорологические факторы загрязнения, промышленные выбросы. Термины и определения. Введ. 1978-07-01. М.: Госстандарт России: Изд-во стандартов, 1984.
4. **Модели** оценки и прогноза загрязнения атмосферы промышленными выбросами / Э.М. Соколов и др. Тула: Изд-во ТулГУ, 2007. 155 с.
5. **Ливчак И.Ф., Бурашников Ю.М.** Развитие и уточнение расчёта загрязнения атмосферного воздуха вредными веществами от выбросов // Инженерная экология. 2002. № 2. С. 51-55.
6. **РД 52.04.52-85.** Охрана природы. Атмосфера. Методические указания. Регулирование выбросов при неблагоприятных метеорологических условиях.