

АНАЛИЗ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУХА ТРАНСПОРТНЫМИ ПОТОКАМИ НА ЗАСТРОЕННОЙ ТЕРРИТОРИИ

Гаврась О.В., Заноз А.В.,
научный руководитель канд. техн. наук Гавриленко Т.В.
Сибирский федеральный университет

Оценка состояния воздушной среды больших городов представляет собой актуальную задачу. Красноярским отделением Росгидромета ведется регулярный мониторинг загрязнения окружающей среды с помощью восьми стационарных станций, расположенных в разных административных районах города. Одна из таких станций установлена в Центральном районе на ул. Сурикова. Схема ее расположения приведена на рис. 1. В этом районе города практически отсутствуют промышленные предприятия, но территория перегружена автомобильным транспортом, следовательно, загрязнение воздуха, фиксируемое на указанном посту, в большей степени обусловлено выбросами от автотранспорта. Цель наших исследований заключалась в сравнении оценок выбросов от транспортного потока вблизи станции, получаемых расчетным путем, с данными натурных измерений на ней.



Рис.1. Стационарный пост наблюдений на ул. Сурикова, 54е; а) - схема расположения поста (красный квадрат); б) – фотография поста

Известно, что пробы воздуха на посту берутся ежедневно четыре раза в сутки: в час ночи, семь утра, час дня и семь вечера. По ним определяются концентрации диоксида серы, окиси углерода, диоксида азота, оксида азота, фенола, фторида водорода, хлорида водорода, формальдегида, бензола, толуола, ксилола и взвешенных веществ. Результаты мониторинга приводятся в еженедельной справке, публикуемой в экологической газете «Наш край», и на официальном сайте Красноярского отделения Росгидромета. В справке по районам города указывается перечень тех загрязняющих веществ в атмосферном воздухе, по которым в течение недели были зафиксированы величины концентраций, превысивших максимально разовые предельно допустимые концентрации (ПДК_{мр}), и указываются наибольшие их значения в единицах ПДК_{мр}.

На рис. 2 приведена справка о состоянии воздуха в период с 19 по 25 сентября 2011 года. Из нее следует, что на посту в Центральном районе в указанный период времени были зафиксированы превышения ПДК_{мр} по взвешенным веществам в 1,2-3,6 раза, оксиду углерода – в 1,4 раза, гидрохлориду – в 1,3 раза, формальдегиду – в 1,1 раза и этилбензолу – в 1,5-2,5 раза.

Расчетные значения загрязнения воздуха определялись по «Методике определения выбросов автотранспорта для проведения сводных расчетов загрязнения атмосферы городов», утвержденной приказом Госкомэкологии России № 66 от 16 февраля 1999 года. Согласно данной методике объем выбросов вредных веществ определяется на основе учёта различных типов транспортных средств, интенсивности движения и конкретных дорожных условий.

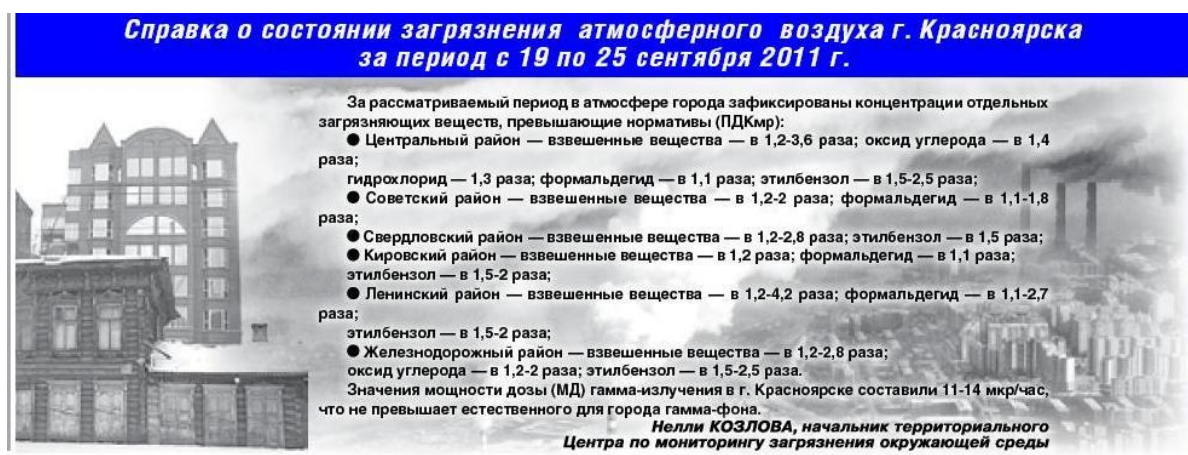


Рис. 2. Ежедневная справка о состоянии атмосферного воздуха в г. Красноярске

Исследования интенсивности движения и состава потока проводились 22 сентября 2011 г. в период с 18 до 19 часов. Состав потока был разбит на группы, характеристики которых приведены в табл. 1. Общее количество автомобилей составило 2922 авт./час.

Таблица 1

Группа	Состав группы	Вид транспортных средств	Доля в потоке, %
I	Легковые		95,38
II	Грузовые карбюраторные грузоподъемностью менее 3 т и микроавтобусы	ГАЗ-51-53, УАЗы, «Газель», РАФ	2,26
III	Грузовые карбюраторные грузоподъемностью более 3 т	ЗИЛы, Урал	0,21
IV	Автобусы карбюраторные	ПАЗ-32054, ПАЗ-4234	0,82
V	Грузовые дизельные	КРАЗ, КАМАЗ	1,23
VI	Автобусы дизельные	НЕФАЗ-5299, МАЗ-103, ЛиАЗ-5256, ЛиАЗ-5293, Hyundai Aero City 540, Daewoo-BS106i	0,1
VII	Грузовые газобаллонные, работающие на сжатом природном газе		-

Выброс i -ого загрязняющего вещества (г/(м·с)) движущимся автотранспортным потоком определялся по формуле

$$M_i^{\Pi} = \frac{1}{3600} \sum_{k=1}^K M_{k,i}^{\Pi} G_k k_{V_{k,i}} \quad (1)$$

где $M_{k,i}^{\text{П}}$ - пробеговый выброс i -го вредного вещества автомобилями k -й группы для городских условий эксплуатации, (г/км); K - количество групп автомобилей; G_k (авт./час) - фактическая наибольшая интенсивность движения, т.е. количество автомобилей каждой из K групп, проходящих через фиксированное сечение выбранного участка автомагистрали в единицу времени в обоих направлениях по всем полосам движения; $k_{V_{k,i}}$ - поправочный коэффициент, учитывающий среднюю скорость движения транспортного потока $V_{k,i}$ (км/час) на участке улицы; $1/3600$ – коэффициент перехода от часа к секундам.

Вышеуказанная методика позволяет определить мощность эмиссии вредных веществ, приведенных в табл. 2. Темным цветом выделены строки с веществами, фиксируемыми на стационарном посту.

Таблица 2

Вещество	ПДК _{мр} , мг/м ³	Выбросы, мг/(м·с)	Концентрация, мг/м ³	Концентрация в долях ПДК _{мр}
Оксид углерода	5	16,852	33,61	1,79
Диоксид азота	0,2	1,577	3,15	4,19
Углеводороды	5	2,018	4,06	0,21
сажа	0,15	0,003	0,006	0,01
Диоксид серы	0,5	0,072	0,14	0,08
формальдегид	0,035	0,009	0,017	0,13
Соединения свинца	0,001	0,016	0,0309	8,25

Распространение вредных веществ в городской атмосфере представляет собой сложную задачу, так как зависит от очень большого числа параметров: метеорологического режима, рельефа, наличия водных объектов и открытых пространств, плотности и характера застройки и т.д. При расчете рассеивания выбросов от автотранспорта и определения концентрации токсичных веществ на различном удалении от проезжей части используется модель нормального (Гауссового) распределения примесей в атмосфере. Для автомобильных дорог, представляющих собой линейный источник выбросов, распределение рассматривают только в направлении перпендикулярном оси дороги. Если ветер дует со скоростью V под углом φ к оси трассы, то выражение для определения концентрации i -го вещества в воздухе определяется по формуле

$$c_i = \frac{2M_i^{\text{П}}}{\sqrt{2\pi} \sigma V \sin \varphi} + F, \quad (2)$$

где $M_i^{\text{П}}$ – мощность эмиссии, г/(м·с); σ – стандартное отклонение Гауссового рассеивания, зависящее от расстояния от оси дороги, м; V – скорость ветра, м/с; φ – угол между направлением ветра и осью трассы (при $\varphi < 30^\circ$, $\sin \varphi = 0,5$); F – фоновая концентрация загрязнения воздуха, г/м³.

Данные по направлению и скорости ветра были взяты с метеостанции, расположенной в Центральном районе Красноярска. Метеорологическая информация поступает с метеостанции в режиме реального времени и доступна на сайте Красноярского отделения Росгидромета. На рис. 3. представлены метеорологические параметры, зафиксированные во время проведения наблюдений за транспортным потоком и взятия проб воздуха на посту.

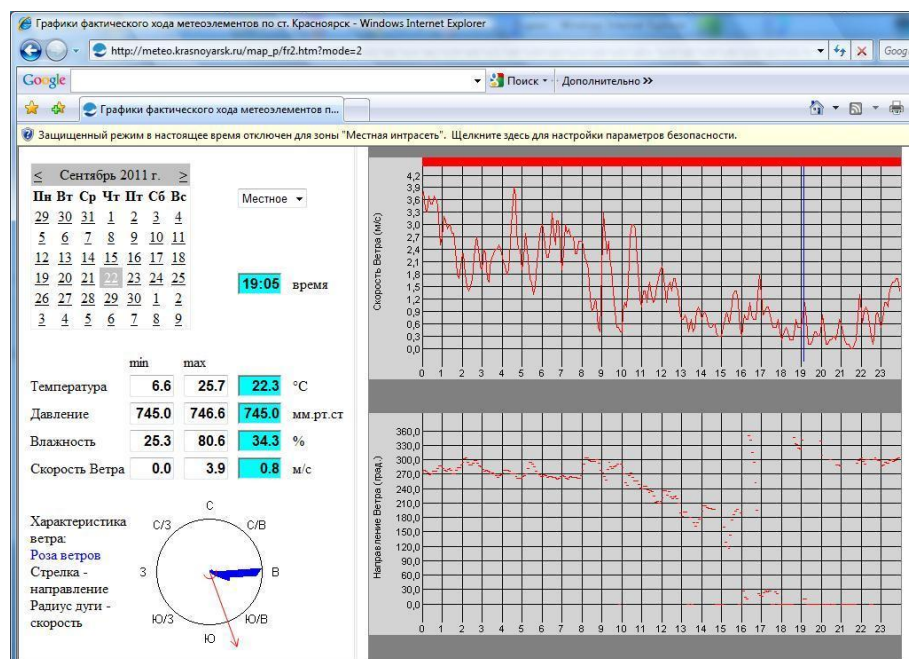


Рис. 3. Данные с метеорологической станции в Центральном районе Красноярска

Сравнение расчетных значений концентраций вредных выбросов с данными из справки о состоянии загрязнения воздуха указывает на существенные расхождения между расчетными и измеренными величинами. По «Методике определения выбросов автотранспорта для проведения сводных расчетов загрязнения атмосферы городов» значения концентрации диоксида азота превысили предельно допустимые максимально разовые значения в 4,19 раза (табл. 2), тогда как приборами в рассматриваемый период времени не было зарегистрировано значений, превышающих ПДК_{мр}. Одна из причин такого расхождения связана с быстрым рассеянием вредных веществ, так как пост установлен на хорошо проветриваемой территории – на границе между городской застройкой и открытым пространством в долине реки Качи. Фактические концентрации выбросов от автотранспорта на застроенной территории могут оказаться значительно больше, чем измеренные значения на посту.

Пункт наблюдений расположен у Т-образного нерегулируемого перекрестка, на котором наблюдается сложное движение автотранспорта. При образовании очереди перед светофором на перекрестке ул. Сурикова с ул. Марковского, особо нетерпеливые водители, двигающиеся со стороны моста через реку Качу, съезжают на примыкающую дорогу с целью выезда на ул. Парижской Коммуны. Образование нового транспортного потока, поворачивающего налево, периодически подпирает поток, идущий по встречной полосе улицы. Такое движение транспорта характеризуется резким изменением скоростей всего транспортного потока и отдельных машин, что сказывается на объемах выбросов от двигателей. Изменение скоростей движения автотранспорта в виде случайного процесса не укладывается в рамки применяемой нормативной методики определения эмиссии выбросов автотранспорта, следовательно, для более достоверной оценки объемов выбросов, требуется применение компьютерного моделирования транспортного потока с учетом случайных факторов.