

УДК 504.05/.06:625.72

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПРИЗЕМНОГО СЛОЯ АТМОСФЕРЫ В ПРЕДЕЛАХ УЛИЧНО-ДОРОЖНОЙ СЕТИ (НА ПРИМЕРЕ Г. ВОРОНЕЖА)

© 2011 А.Б. Якушев¹, Р.А. Кондауров², С.А. Куролап³

¹ ООО «Центр-Дорсервис», г. Воронеж

² Воронежский филиал «ВоронежГипродорНИИ»

³ Воронежский государственный университет

Поступила в редакцию 27.04.2011

В статье рассматриваются результаты геоэкологической оценки и исследования особенностей загрязнения приземного слоя атмосферы в пределах улично-дорожной сети на примере г. Воронежа.

Ключевые слова: *геоэкологическая оценка, мониторинг, приземный слой атмосферы, улично-дорожная сеть*

Одним из постоянно прогрессирующих источников загрязнения приземного слоя атмосферы урбанизированных территорий является улично-дорожная сеть. В отличие от промышленных объектов она является линейным источником воздействия с отдельными дискретно-подвижными объектами токсичных выбросов, что представляет угрозу здоровью человека и среде его обитания. Вклад автотранспорта в эмиссию загрязняющих веществ в крупных городах, как правило, превышает 70% [2]. В связи с ростом количества автотранспорта улично-дорожная сеть не справляется с транспортным потоком, как на магистральных, так и на объездных дорогах. Типичным примером такой ситуации служит г. Воронеж. По данным ГИБДД г. Воронежа городской парк автомобилей за последнее десятилетие значительно увеличился и на 1 января 2010 г. составил 255929 автомобилей, в то время как в 2006 г. он составлял 205675 автомобилей. Эмиссия загрязняющих веществ в атмосферный воздух от автотранспортных средств за 2009 г. составила 118220,5 тонн (более 90% от валового выброса в атмосферу всех загрязняющих веществ в г. Воронеже) [3].

Якушев Александр Борисович, ведущий специалист экологического сопровождения проектов. E-mail: alessandr2025@mail.ru

Кондауров Роман Анатольевич, начальник экологической лаборатории. E-mail: romakon@list.ru

Куролап Семен Александрович, доктор географических наук, заведующий кафедрой геоэкологии и мониторинга окружающей среды. E-mail: kurolap@yandex.ru

Цель работы: геоэкологическая оценка и исследование связей между концентрациями основных ингредиентов воздушного бассейна на основе многолетних исследований в приземном слое атмосферы вдоль улично-дорожной сети г. Воронежа.

Объект исследования: приземный слой атмосферы г. Воронежа вдоль улично-дорожной сети типа «2Б».

Предмет исследования: контаминанты и особенности загрязнения воздушного бассейна.

Методическим подходом к геоэкологической оценке приземного слоя атмосферы в г. Воронеже является выделение основного типа улично-дорожной сети в качестве ведущего источника загрязнения воздушного бассейна.

Методика и условия проведения эксперимента. Для осуществления геоэкологической оценки приземного слоя атмосферного воздуха вдоль улично-дорожной сети г. Воронежа были решены следующие задачи:

- проанализирован состав и совокупная длина улично-дорожной сети (по данным Постановления администрации города Воронежа от 06.04.2004 № 531);
- отобраны пробы воздуха и определены осреднённые приземные концентрации основных контаминантов (формальдегид, диоксид азота, сернистый ангидрид, оксид углерода) при помощи газоанализатора универсального «ГАНК – 4А» в соответствии с действующими нормативными документами;
- проведен статистический анализ экспериментальных данных на базе программного комплекса STADIA.

Результаты и их обсуждение. Анализ структуры и особенностей улично-дорожной сети г. Воронежа показал следующее: на территории выделяется 14 категорий улично-дорожной сети; общая протяжённость улично-дорожной сети составляет 1278,4 км; основным типом дорог является категория «2Б» с протяжённостью 165,7 км, что составляет около 13% всей улично-дорожной сети. Улично-дорожная сеть типа «2Б» – это магистральные дороги с регулируемым движением. Основное назначение данного типа улично-дорожной сети – транспортная связь между жилыми, промышленными районами и центром города, центрами планировочных районов, выходы на магистральные улицы, дороги и внешние автомобильные

дороги. Пересечения с магистральными улицами и дорогами, как правило, в одном уровне. Расчётная скорость движения составляет 80 км/ч, ширина полосы движения – 3,5 м и число полос движения – 4-8 штук. По результатам многолетнего мониторинга проанализированы осреднённые концентрации загрязнителей в приземном слое атмосферы, результаты которого представлены в табл. 1. Согласно наблюдениям за последние 5 лет ситуация относительно стабильная, однако наблюдается медленное увеличение концентраций в последние годы с максимумом в 2008-2010 гг., что вызывает беспокойство, т.к. прослеживается постоянное превышение уровней ПДК.

Таблица 1. Результаты мониторинга приземного слоя атмосферы, мг/м³

Конта-ми-нанты	Годы мониторинга														
	2006			2007			2008			2009			2010		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
NO ₂	0,05	0,08	0,10	0,07	0,04	0,13	0,14	0,03	0,03	0,08	0,02	0,07	0,06	0,06	0,04
SO ₂	0,09	0,15	0,11	0,05	0,06	0,13	0,14	0,10	0,91	0,08	0,02	0,06	0,09	0,09	0,52
CO	2,40	2,27	2,88	1,71	2,28	2,79	2,34	2,32	2,02	2,85	1,39	1,43	4,26	4,11	3,75
CH ₂ O x10 ⁻¹²	2,0	0,8	0,8	0,1	0,6	1,6	1,0	0,6	0,7	2,0	0,2	0,1	5,0	4,2	1,4

Примечание: 1 – Московский проспект (Коминтерновский р-н), 2 – ул. 20 лет Октября (Ленинский р-н), 3 – ул. Героев Стратосферы (Левобережный р-н). Результаты за 2010 г. получены авторами лично, за предшествующие годы – фондовые данные Воронежского филиала «ВоронежГипродорНИИ»

Среди основных естественных причин превышения ПДК по изучаемым загрязнителям является микроклимат. В период наблюдений данный фактор рассеивания может провоцировать превышения ПДК в периоды преобладания частоты приземных инверсий, штилей и слабых ветров. В такие периоды необходимо снижать техногенное воздействие в пределах всей улично-дорожной сети города.

Анализируя полученные данные, можно сделать вывод, что изучаемые загрязнители разделились на две группы по отношению к уровням ПДК среднесуточных (ПДК_{сс}), а именно: 1) преимущественно превышающие ПДК_{сс} - формальдегид, диоксид азота, сернистый ангидрид, 2) не превышающие ПДК_{сс} - оксид углерода. Коэффициенты концентраций изучаемых загрязнителей изменяются в пределах: для формальдегида – 0,33-16,67; диоксида азота – 0,50-3,50; сернистого ангидрида – 0,40-3,00; оксида углерода – 0,46-1,42. Для изучения зависимости между концентрациями загрязнителей в соответствии со стандартными методиками проводился корреляционный анализ с последующим Z-преобразованием Фишера при доверительной вероятности (P) равной 0,90 и вычислением минимально

допустимого объёма выборки. Применение Z-преобразования Фишера позволяет с большей уверенностью оценивать статистическую значимость выборочного коэффициента корреляции при малочисленных выборках и превышении абсолютного значения $r=0,5$. Оценка полученных корреляционных зависимостей осуществлялась по типологии качественной оценки тесноты корреляционной взаимосвязи (табл. 2). Результаты анализа представлены в табл. 3.

Таблица 2. Оценка корреляции

Значение r	Степень связи
$ 0 < r \leq 0,2 $	очень слабая
$ 0,2 < r \leq 0,5 $	слабая
$ 0,5 < r \leq 0,7 $	средняя
$ 0,7 < r \leq 0,9 $	сильная
$ 0,9 < r \leq 1,0 $	очень сильная

Результаты Z-преобразования Фишера показали достоверность корреляционного анализа. Анализируя полученный результат можно сделать вывод, что между формальдегидом и оксидом углерода существует корреляционная взаимосвязь средней степени. Взаимосвязями других загрязнителей можно пренебречь.

Таблица 3. Результаты корреляционного анализа (r)

Контаминант	NO ₂	SO ₂	CO
SO ₂	-0,26		
CO	0,10	0,06	
CH ₂ O	0,11	-0,06	0,60

Для анализа загрязнения приземного слоя атмосферы в летний период вдоль улично-дорожной сети осуществлен по принятой методике расчет индекса загрязнения атмосферы. Алгоритм расчета парциального индекса загрязнения атмосферного воздуха (I_п) следующий:

$$I_p = (C_i / ПДК_i)^k \quad (1)$$

где C_i – фактическая концентрация, ПДК – предельно допустимая концентрация.

Комплексная оценка загрязнения приземного слоя атмосферного воздуха вдоль улично-дорожной сети по совокупности веществ (C₁, ... C_n) проводилась по адаптированному интегральному показателю загрязнения атмосферы (K_{атм}), рассчитанному по формуле К.А. Буштуевой [1]:

$$K_{атм} = \left(\frac{C_1}{N_1 ПДК_{C_1}} + \frac{C_2}{N_2 ПДК_{C_2}} + \frac{C_n}{C_n ПДК_{C_n}} \right) t \quad (2)$$

Показатель t рассчитывается по формуле: t=P/P_о, где P – среднегодовой процент повторяемости штилей, %. P_о равен 12,5% (процент повторяемости направлений ветров одного румба при круговой розе ветров: P_о=100%/8=12,5%). При расчёте показателя P применяется принцип учёта максимального загрязнения, т.е. когда ветер дует от источника к жилому массиву. В пределах улично-дорожной сети максимальное загрязнение наступает при штиле, т.е. за показатель P логичнее принять среднегодовой процент повторяемости штилей (для г. Воронежа он составляет 14%).

В современных условиях негативное воздействие окружающей среды на организм человека обусловлено комбинированным влиянием комплекса неблагоприятных факторов. Необходимо принимать во внимание, что высокий уровень загрязнения окружающей среды является фактором риска формирования хронических заболеваний у детей и взрослых. Результаты расчёта I_п и K_{атм} представлены в табл. 4.

Таблица 4. Летние индексы загрязнения атмосферы

Годы	Парциальные индексы загрязнения атмосферы (I _п)				Комплексный индекс (K _{атм})
	CO	SO ₂	NO ₂	CH ₂ O	
Московский проспект (Коминтерновский р-н)					
2006	0,83	1,74	1,25	8,10	5,63
2007	0,62	1,00	1,76	5,87	4,61
2008	0,81	2,70	3,5	3,69	5,73
2009	0,96	1,52	2,11	12,83	7,62
2010	1,35	1,76	1,445	34,09	13,46
ул. 20 лет Октября (Ленинский р-н)					
2006	0,79	3,05	2,09	3,38	5,00
2007	0,79	1,28	0,92	2,61	3,00
2008	0,80	1,91	0,73	2,52	3,21
2009	0,52	0,456	0,4	0,41	0,99
2010	1,31	1,7	1,43	31,57	12,76
ул. Героев Стратосферы (Левобережный р-н)					
2006	0,97	2,28	2,52	3,75	5,03
2007	0,94	2,66	3,29	8,62	7,50
2008	0,71	18,2	0,92	2,73	12,51
2009	0,53	1,292	1,69	0,15	1,97
2010	1,21	10,4	1,08	7,41	10,26

При изучении загрязнения приземного слоя атмосферного воздуха от функционирующей дорожно-уличной сети выявлена стабильная и достаточно высокая степень загрязнения воздушного бассейна в придорожной полосе. Комплексный индекс загрязнения атмосферы достаточно имеет тесную корреляционную связь

с загруженностью улично-дорожной сети и микроклиматическими параметрами. Так, достаточно высокое загрязнение атмосферы в 2010 г. объясняется крайне неблагоприятной рассеивающей способностью атмосферы на фоне увеличения количества инверсий, слабых ветров и высоких температур воздуха,

повлекших тяжелые последствия для окружающей среды и населения. Превышение ПДК по исследуемым веществам отмечалось и в официальных источниках [2, 3]. Расчеты корреляций между парциальными (I_p) и комплексным ($K_{атм}$) индексами загрязнения атмосферы показали, что наиболее типичными «индикаторами» загрязнения атмосферы служат оксид углерода и формальдегид (корреляция достигает 0,98).

Выводы:

1. Функционирование улично-дорожной сети типа «2Б» в г. Воронеже приводит к стабильному и сверхнормативному загрязнению приземного слоя атмосферы формальдегидом, диоксидом азота, сернистым ангидридом и не приводит к сверхнормативному загрязнению воздуха оксидом углерода.

2. Лучшими «индикаторами» сезонного загрязнения атмосферы независимо от интенсивности автотранспорта служат оксид углерода и формальдегид, отражающие существенный вклад автотранспорта в загрязнение атмосферы.

3. Анализ состояния приземного слоя атмосферного воздуха вдоль улично-дорожной сети с учетом оценки комплексного загрязнения приземного слоя атмосферного воздуха свидетельствует о формировании в г. Воронеже линейных зон загрязненного и сильно загрязненного атмосферного воздуха.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Буштуева, К.А. Выбор зон наблюдения в крупных промышленных городах для выявления влияния атмосферных загрязнений на здоровье населения // Гигиена и санитария. 1985. № 1. С. 4-6.
2. Доклад «О санитарно-эпидемиологической обстановке в городе Воронеже в 2008 году» / М.И. Чубирко, Ю.И. Стёпкин. – Воронеж: Управление Роспотребнадзора по Воронежской области, 2009. 97 с.
3. О состоянии окружающей среды и природоохранной деятельности городского округа город Воронеж в 2009 г.: Доклад / Управление по охране окружающей среды администрации городского округа город Воронеж. – Воронеж: Издательско-полиграфический центр ВГУ, 2010. 78 с.

GEOECOLOGICAL ESTIMATION OF ATMOSPHERE GROUND LAYER POLLUTION WITHIN STREET-ROAD SYSTEM (ON THE EXAMPLE OF VORONEZH CITY)

© 2011 A.B. Yakushev¹, R.A. Kondaurov², S.A. Kurolap³

¹ JSC "Center-dorservis", Voronezh

² Voronezh branch of "VoronazhHyprodorNII"

³ Voronezh State University

In article results of a geoecological estimation and research the features of pollution the atmosphere ground layer within street-road system on the example of Voronezh city are considered.

Key words: *geoecological estimation, monitoring, atmosphere ground layer, street-road system*

Alexander Yakushev, Leading Specialist of the Ecological Support of Projects. E-mail: alecsandr2025@mail.ru

Roman Kondaurov, Chief of the Ecological Laboratory. E-mail: romakon@list.ru

Semyon Kurolap, Doctor of Geography, Head of the Geoecology and Environmental Monitoring Department. E-mail: kurolap@vmail.ru