

## КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕННОСТИ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА г. ВОРОНЕЖА

Пугачев Я.В.

*г. Воронеж, Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение  
средней общеобразовательной школы № 99, б «А» класс,*

*Руководитель: Заварзина Е.Ю., учитель математики Муниципального бюджетного  
общеобразовательного учреждения  
средней общеобразовательной школы № 99, г. Воронеж*

Загрязненность окружающей среды – один из самых животрепещущих вопросов для жителей Российской Федерации. Этому способствует вырубка лесов и отравление атмосферы, почвы и воды вредными выбросами. В России вопросам решения экологических проблем был посвящен 2013 год, который проходил в нашей стране под названием Года охраны окружающей среды. Но применяемые меры в тот период существенного эффекта не принесли, а по проведенным опросам большинство населения даже не знали, чему был посвящен 2013 год. В тоже время состояние нашей планеты оставляет желать лучшего. Эксперты говорят об усугублении проблем экологии с каждым годом. 5 января 2016 года президент РФ Путин В.В. подписал Указ «О проведении Года экологии в 2017 году», эти действия направлены на улучшение общей экологической картины в России. К целям тематического года можно отнести следующие:

- привлечь внимание граждан к проблемам экологии;
- обезопасить существующие экосистемы;
- сохранить многообразие биологических видов;
- изменить отношение граждан к проблемам природы и экологии.

Символом Года экологии в России стал собирательный растительный узор. Эмблема представляет одновременно богатство, уникальность объектов природы и усилия по охране окружающей среды на территории России. Эмблема Года экологии 2017 была разработана агентством Stellar по заказу Министерства природных ресурсов и экологии РФ.

К ожидаемым результатам можно отнести следующие:

- использование более современных очистительных систем на предприятиях тяжелой промышленности;
- использование экологичных видов топлива;
- переоснащение заводов по утилизации мусора;
- ужесточение условий и контроль вырубки лесов.

### 1.1 Постановка задачи исследования

Цель научно-исследовательской работы – определить загрязненность атмосферного воздуха (г. Воронеж) выбросами автотранспорта и выявить территории с высоким техногенным воздействием на воздушный бассейн.

В ходе исследования были поставлены следующие задачи:

- освоить методику определения загрязненности атмосферного воздуха выбросами автотранспорта;
- оценить уровень техногенной нагрузки на атмосферный воздух;
- выявить объекты, вносящие наибольший вклад в формирование высокого уровня загрязнения;
- определить внутригородские территории с неблагоприятным уровнем загрязнения воздушной среды;
- предложить мероприятий по обеспечению техногенной безопасности.

### 1.2 Аналитический обзор

Под атмосферным загрязнением понимают присутствие в воздухе различных газообразных и твердых веществ, которые оказывают неблагоприятное влияние на живые организмы и растительность, ухудшают их жизненные условия или наносят материальный ущерб [1]. Классификация источников загрязнения атмосферного воздуха представлена на рис. 1.

Воронеж относится к числу городов Российской Федерации с относительно невысоким уровнем загрязнения атмосферного воздуха, однако вопросы выбросов загрязняющих веществ в воздушный бассейн являются достаточно актуальными для города. Качество атмосферного воздуха зависит от интенсивности загрязнения его выбросами стационарных и передвижных источников загрязнения. Передвижным источником загрязнения, вносящим весомый вклад в загрязнение атмосферного воздуха, является автотранспорт (рис. 3). На территории Воронежа зарегистрировано более 270 тысяч единиц транспортных средств [2].



Рис. 1 Источники загрязнения атмосферного воздуха

Классификация источников выбросов загрязняющих веществ представлена на рис. 2.

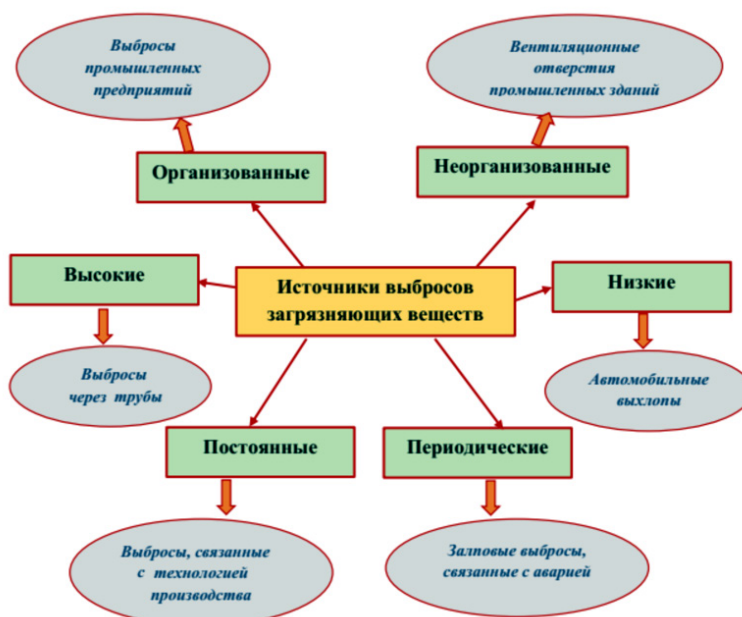


Рис. 2 Классификация источников выбросов загрязняющих веществ

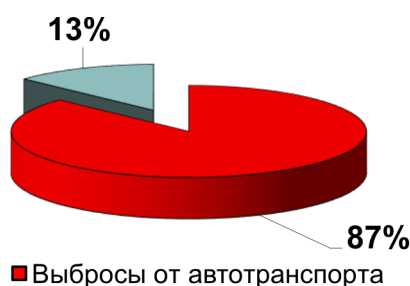


Рис. 3 Структура выбросов от источников загрязнения (%)

Выхлопные газы представляют собой чрезвычайно сложную, недостаточно изученную смесь токсичных компонентов, поступающих в городской застройке в приземный слой воздуха, где их рассеивание затруднено. К тому же, современные возможности снижения токсичности выхлопных газов еще не в состоянии обеспечить желаемую чистоту воздуха.

В составе отработанных газов содержится более 200 различных химических соединений, в числе которых углеводороды, альдегиды, кетоны, фенолы и спирты. Основными составляющими являются оксиды углерода, азота, серы, углеводорода, взвешенные вещества, ежегодно в атмосферу выбрасывается огромное количество выхлопных газов (рис. 4).



Рис. 4 Состав выхлопных газов

### 1.3 Исследовательская часть

Автотранспорт как источник загрязнения воздушной среды имеет ряд особенностей. Численность автомобилей в городе постоянно увеличивается, что приводит к непрерывному росту выброса вредных продуктов в атмосферу. В отличие от промышленных источников загрязнения, привязанных к определенным площадям и отделенных от жилой застройки санитарно-защитной зоной, автомобиль является движущимся источником загрязнения, широко внедряющимся в жилые районы и места отдыха.

На территории города выделяют шесть районов: Центральный, Ленинский, Коминтерновский и Советский – в правобережной части города, Левобережный и Железнодорожный – на левом берегу Воронежского водохранилища.

Для достижения поставленной цели работа проводилась в два этапа.

#### А) I Этап (экспериментальная часть).

Загрязнение атмосферного воздуха отработанными газами автомобилей целесообразно оценивать по концентрации токсичного оксида углерода. Для определения концентрации оксида углерода необходимо провести замеры интенсивности движения транспорта на определенном участке улицы. Определение интенсивности движения автотранспорта производится методом подсчета автомобилей разных типов. Замеры числа автомобилей производят 2 раза по 20 мин. Подсчитывают автомобили, проезжающие в обе стороны от наблюдающего [3]. Для комплексной оценки загрязненности атмосферного воздуха г. Воронежа, была исследована загруженность автотранспортных магистралей в различных районах города.

#### 1) Коминтерновский район.

Замеры проводились на ул. Бульвар Победы в будний день (четверг, в период с 16:00 – 17:00). Данные представлены в табл. 1.

Таблица 1  
Интенсивность движения на участке дороги, автомобилей

Вид автомобиля	Замер 1	Замер 2	Среднее за 20 мин	Состав, доли единицы
Легкий грузовой	5	6	5,5	0,18
Средний грузовой	2	2	2	0,06
Тяжелый грузовой	1	0	0,5	0,02
Автобус	8	6	7	0,22
Легковой	15	17	16	0,52
Итого	31	31	31	1,0

Определяем коэффициент токсичности автомобилей, как средневзвешенный для потока автомобилей, по формуле:

$$K_T = \sum_{i=1}^n P_i \cdot K_{Ti}$$

где  $P_i$  – состав движения в долях единицы;  $K_{Ti}$  – значение коэффициента токсичности для разных типов автомобилей (табл. 2).

Таблица 2  
Значения коэффициента токсичности  $K_T$

Тип автомобиля	Коэффициент $K_T$
Легкий грузовой	2,3
Средний грузовой	2,9
Тяжелый грузовой (дизельный)	0,2
Автобус	3,7
Легковой	1,0

$$K_T = 0,18 \cdot 2,3 + 0,06 \cdot 2,9 + 0,02 \cdot 0,2 + 0,22 \cdot 3,7 + 0,52 \cdot 1,0 = 1,9$$

Затем выбираем из табл. 3 [4] коэффициент учитывающий аэрацию местности,  $K_a = 1,0$ .

**Таблица 3**  
Значения коэффициента  $K_a$

Тип местности по степени аэрации	Коэффициент $K_a$
Транспортные тоннели	2,7
Магистральные улицы и дороги с многоэтажной застройкой с двух сторон	1,0
Жилые улицы с одноэтажной застройкой	0,6
Городские улицы с односторонней застройкой, набережные, эстакады, виадуки, высокие насыпи	0,4
Пешеходные тоннели	0,3

Значение коэффициента ( $K_y$ ), учитывающего изменение загрязнения воздуха оксидом углерода в зависимости от величины продольного уклона (табл. 4) составляет 1,00

**Таблица 4**  
Значения коэффициента  $K_y$

Продольный уклон, град	Коэффициент
1	1,00
2	1,06
4	1,07
6	1,18
8	1,55

Коэффициент концентрации оксида углерода в зависимости от скорости ветра ( $K_c$ ) (табл. 5) равен 1,5.

**Таблица 5**  
Значения коэффициента  $K_c$

Скорость ветра, м/с	Коэффициент
1	2,70
2	2,00
3	1,50
4	1,20
5	1,05
6	1,00

Значение коэффициента ( $K_b$ ), определяющего изменение концентрации оксида углерода в зависимости от относительной влажности воздуха (табл. 6) составляет 1,0.

**Таблица 6**  
Значения коэффициента  $K_b$

Относительная влажность воздуха, %	Коэффициент
100	1,45
90	1,30
80	1,15
70	1,00
50	0,75
40	0,60

Коэффициент увеличения загрязнения воздуха оксидом углерода ( $K_n$ ) у пересечений (табл. 7) равен 3,0.

**Таблица 7**  
Значения коэффициента  $K_n$

Тип пересечения	Коэффициент
Нерегулируемое со снижением скорости	1,9
Кольцевое	2,2
С обязательной остановкой	3,0

Далее рассчитываем концентрацию оксида углерода ( $mg/m^3$ ), используя следующую формулу:

$$K_{co} = (0,5 + 0,01 \cdot N \cdot K_T) \cdot K_a \cdot K_y \cdot K_c \cdot K_b \cdot K_n$$
 где 0,5 – фоновое загрязнение атмосферного воздуха оксидом углерода нетранспортного происхождения,  $mg/m^3$ ; N – суммарная интенсивность движения автомобилей на дороге, автомобилей / час;  $K_T$  – коэффициент токсичности автомобилей по выбросам в атмосферный воздух оксида углерода;  $K_a$  – коэффициент, учитывающий аэрацию местности;  $K_y$  – коэффициент, учитывающий изменение загрязнения атмосферного воздуха оксидом углерода в зависимости от величины продольного уклона;  $K_c$  – коэффициент, учитывающий изменение концентрации оксида углерода в зависимости от скорости ветра;  $K_b$  – коэффициент, учитывающий изменение концентрации оксида углерода относительно влажности воздуха;  $K_n$  – коэффициент увеличения загрязненности у пересечений дорог.

$$K_{co} = (0,5 + 0,01 \cdot 931,9) \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,5 \cdot 1,0 \cdot 3,0 = 10,2 \text{ } mg/m^3.$$

Максимально разовая предельно-допустимая концентрация (ПДК) оксида углерода в воздухе населенных мест равна 5  $mg/m^3$ , среднесуточная - 3  $mg/m^3$ . Проведя расчет можно сделать вывод, что на участке автодороги на ул. Бульвар Победы концентрация оксида углерода превышает ПДК почти в 3 раза.

2) *Левобережный район.*

Замеры проводились на ул. Героев Стратосферы в будний день (вторник, в период с 16:00 – 17:00), данные представлены в табл.

8. Произведя расчет по методике, описанной выше получаем, что концентрации оксида углерода ( $K_{CO}$ ) равна  $6,8 \text{ мг/м}^3$ . Сравнив полученный результат с ПДК можно сделать вывод, что концентрация оксида углерода превышает норму более чем в 2 раза.

**Таблица 8**  
Интенсивность движения на участке дороги, автомобилей

Вид автомобиля	Замер 1	Замер 2	Среднее за 20 мин	Состав, доли единицы
Легкий грузовой	8	8	8	0,19
Средний грузовой	3	3	3	0,07
Тяжелый грузовой	3	2	2,5	0,06
Автобус	6	5	5,5	0,13
Легковой	22	24	23	0,55
Итого	42	42	42	1,0



### 3) Ленинский район.

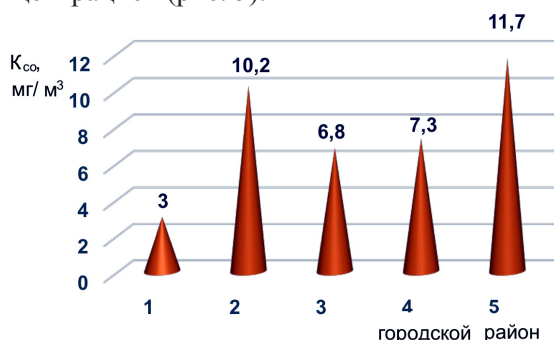
Замеры проводились на ул. 20 лет Октября в будний день (среда, в период с 16:00 – 17:00). Произведя расчет по методике получаем, что концентрации оксида углерода ( $K_{CO}$ ) равна  $7,3 \text{ мг/м}^3$ . Сравнив полученный результат с ПДК можно сделать вывод, что он превышает норму более чем в 2 раза.

### 4) Советский район.

Замеры проводились на ул. Матросова в будний день (среда, в период с 16:00 – 17:00). Произведя расчет по методике получаем, что концентрации оксида углерода ( $K_{CO}$ ) равна  $11,7 \text{ мг/м}^3$ . Сравнив полученный результат с ПДК можно сделать вывод, что концентрация оксида углерода превышает норму почти в 4 раза.

Проведя оценку загруженности автомагистралей в различных районах г. Во-

ронеза, можно сделать вывод, что во всех районах города наблюдается превышение концентрации оксида углерода в 2-4 раза по сравнению с предельно-допустимой концентрацией (рис. 5).



*Рис. 5 Концентрация оксида углерода в различных районах г. Воронежа: 1 – Предельно-допустимая концентрация; 2 – Коминтерновский район; 3 – Левобережный район; 4 – Ленинский район; 5 – Советский район*

## Б) II Этап

Представилось интересным сравнить полученные экспериментальные данные с данными мониторинга за уровнями загрязнения атмосферного воздуха в г. Воронеже. Проанализировав официальные данные мониторинга за уровнями загрязнения атмосферного воздуха в городе Воронеж, проводимые в пяти мониторинговых точках ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии Воронежской области», размещенных в зоне влияния промышленных предприятий и автотранспорта, можно сделать вывод, что происходит смещение неблагоприятной ситуации, связанной с загрязнением атмосферного воздуха, от промышленных источников в сторону увеличения влияния на уровень загрязнения выбросов от автомобильного транспорта [5, 6]. Так, если в 2011 г. наиболее часто отмечались превышения ПДК загрязняющих атмосферный воздух веществ в зоне влияния крупных промышленных предприятий (ОАО «Воронежсинтезкаучук», ТЭЦ-1 «Вогрэсс», ОАО «ВАСО») в контрольной точке Левобережного района (8,9%), то в 2015 г. наибольший удельный вес проб несоответствующих гигиеническим нормативам отмечается в точках контроля вблизи автотранспортных магистралей города (ул. Матросова, 6 – 6,0 %; ул. 20 лет Октября, 94 – 6,5 %, Московский пр., 36 – 6,7 %), в то время как в контрольной точке, расположенной вблизи наиболее крупных источников промышленных выбросов - ул. Героев Стратосферы, 8 (Левобережный р-н) – 4,9% (табл. 9).

Таблица 9

Доля проб атмосферного воздуха, превышающих ПДК в мониторинговых точках контроля г. Воронежа (%)

Маршрутный пост наблюдения	Годы					Динамика к 2011 г.
	2011	2012	2013	2014	2015	
ул. Героев Стратосферы, 8 (Левобережный р-н)	8,9	4,0	10,2	8,4	4,9	↓
ул. Матросова, 6 (Советский р-н)	4,4	4,9	2,7	0,4	6,0	↑
Московский пр., 36 (Коминтерновский р-н)	8,8	12,7	15,8	7,3	6,7	↓
ул. Дарвина, 1 (Центральный р-н)	1,0	4,9	0,6	0	1,8	↑
ул. 20 лет Октября, 94 (Ленинский р-н)	5,4	14,1	7,0	8,6	6,5	↑



Рис. 6 Мероприятия по снижению экологической нагрузки на окружающую среду

Таким образом, можно сделать вывод, что полученные экспериментальные данные хорошо согласуются с данными мониторинга загрязненности атмосферного воздуха г. Воронежа.

**Заключение**

Проведя комплексную оценку загрязненности атмосферного воздуха г. Воронежа от автотранспорта можно предложить следующие мероприятия для снижения экологической нагрузки на окружающую среду (рис. 6).

**Список литературы**

1. Воронеж: среда обитания и зоны экологического риска: монография/ С.А. Куролап, С.А. Епинцев, О.В. Клепиков, В.И. Федотов, Ю.И. Стёпкин, Н.П. Мамчик– Воронеж: изд-во «Истоки», 2010. – 207 с.

2. Доклад «О государственном надзоре и контроле за использованием природных ресурсов и состоянием окружающей среды Воронежской области в 2015 году» [электронный ресурс]- Воронеж, 2016. - 86 с.

3. Хорпякова Т.В., Клепиков О.В., Куролап С.А. Оценка риска техногенного загрязнения атмосферы урбанизированных территорий - Воронеж: Изд-во «Научная книга», 2015. - 149 с.

4. Еремкин А.И. Нормирование выбросов загрязняющих веществ в атмосферу. – М., 2010, 257 с.

5. Доклад о состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия в городском округе город Воронеж в 2015 году [электронный ресурс]– Воронеж: Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Воронежской области, 2016 – 107 с.

6. Механтьев И.И., Стёпкин Ю.И., Борисов Н.А., Платунин А.В. Современные тенденции в формировании качества среды обитания и здоровья населения Воронежской области.– Воронеж: издательство ООО «ЛИО», 2013. – 174 с.