



УДК 625.855; 577.4

**А.В. Танеева** – кандидат химических наук, доцент

Тел.: 89503258555, e-mail: [sun-2007@list.ru](mailto:sun-2007@list.ru)

**Казанский государственный архитектурно-строительный университет (КазГАСУ)**

**А.В. Синкевич** – аспирант

**А.А. Карташова** – студент

**В.Ф. Новиков** – доктор химических наук, профессор

**Казанский государственный энергетический университет (КГЭУ)**

## АНАЛИЗ ПРОБЛЕМ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ Г. КАЗАНИ

### АННОТАЦИЯ

В работе проведена оценка проблем загрязнения атмосферного воздуха в районах перекрестков магистралей и улиц г. Казани. Линейно-колористическим методом определяли концентрации приоритетных загрязнителей. Показано, что по некоторым ингредиентам их концентрация превышает нормативные показатели в несколько раз.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** автомобильные дороги, загрязнение воздуха, индикаторные трубки, озеленение.

**A. V. Taneeva** – candidate of chemical sciences, associate professor

Tel.: 89503258555, e-mail: [sun-2007@list.ru](mailto:sun-2007@list.ru)

**Kazan State University of Arcitecture and Engineering (KSUAE)**

**A. V. Sinkevich** – post-graduate student

**A. A. Kartashova** – student

**V. F. Novikov** – doctor of chemical sciences, professor

**Kazan State Power-Engineering University (KSPEU)**

## ECOLOGICAL SAFETY PROBLEMS OF AUTOMOBILE ROADS OF KAZAN CITY AND IT'S ANALYSIS

### ABSTRACT

This study characterizes the evaluation of atmospheric pollution by the automobile transport on the roads of Kazan city. We defined concentration priority pollutants by the linear-colored method. Is shown, that concentration of some components exceeds normative parameters in some times. The results show a high pollution on major roads of Kazan city.

**KEYWORDS:** highways, pollution of air, display tubes, gardening.

В энергетической отрасли промышленности транспортные цеха насчитывают большой парк автомобильного транспорта, двигатели внутреннего сгорания которых выбрасывают в окружающую среду большое количество различных химических веществ, оказывающих негативное влияние на организм человека, что заметно сокращает среднюю продолжительность его жизни [1].

В выбросах энергетических установок автомобильного транспорта содержится большое количество несгоревшего топлива, доля которого существенно возрастает при работе автомобиля на малых оборотах, особенно во время остановок на красном сигнале светофора и при интенсивном разгоне. В результате неполного сгорания автомобильного топлива в двигателях внутреннего сгорания часть углеводородов трансформируется в сажу, в которой содержатся смолистые вещества. При

технической неисправности двигателей внутреннего сгорания и в момент его форсирования количество сажи и других токсичных веществ резко возрастает [2-3].

Влияние автомобильного транспорта на окружающую среду во многом определяется условиями его работы, которые в основном формируются комплексом транспортных, дорожных и погоднo-климатических факторов. Высокая интенсивность движения автомобильного транспорта и плотность транспортных потоков на улицах современных городов является основной причиной снижения скорости движения автотранспорта, что вызывает увеличение количества выбрасываемых в окружающую среду загрязняющих веществ [4].

Двигатели внутреннего сгорания автомобильного транспорта загрязняют атмосферный воздух химическими веществами, которые выбрасываются с отработанными и картерными газами, а также



попадают в воздух в результате испарения топлива. При этом основная масса выбросов приходится на отработавшие газы, в которых для бензинового двигателя с неправильно отрегулированным зажиганием и карбюратором содержание оксида углерода превышает норму в несколько раз [5-6].

Как известно, одним из необходимых условий для нормальной жизни людей является чистый воздух. Непрерывный рост количества автомобилей в нашей стране приводит к быстро растущему загрязнению в крупных городах, которое создает серьезную угрозу состоянию здоровья населения.

Специфика загрязнения атмосферного воздуха автомобильным транспортом по сравнению со стационарными источниками загрязнения проявляется в следующем:

- в ежегодном увеличении численности автомобилей;
- в их пространственной распространенности;
- в непосредственной близости автомобильного транспорта к жилым районам и промышленным предприятиям, учебным заведениям, местам отдыха и др.;
- в высокой токсичности выбросов двигателей внутреннего сгорания в атмосферный воздух;
- в сложности технической реализации средств защиты от загрязнений на подвижных источниках;
- в низком расположении источников загрязнения от земной поверхности, в результате чего отработавшие газы двигателей внутреннего сгорания автомобильного транспорта скапливаются в зоне дыхания человека и слабее рассеиваются ветром по сравнению с промышленными выбросами [5].

Отработавшие газы содержат более 250 химических веществ и соединений: оксид углерода (СО), углеводороды ( $C_nH_m$ ), оксиды азота ( $NO_x$ ), сажа, бенз(а)пирен, тетраэтилсвинец, диоксид серы, альдегиды и др. Обычно по токсичности углеводороды отличаются один от другого, но, как правило, их рассматривают в сумме.

Особо токсичен бенз(а)пирен. Накапливаясь в организме, он стимулирует образование злокачественных опухолей. Предельно допустимые концентрации бенз(а)пирена были впервые установлены в нашей стране и являются одними из самых жестких в мире.

Альдегиды представлены тремя ядовитыми и обладающими резким запахом соединениями: формальдегид, акролеин и уксусный альдегид. Наибольшее количество альдегидов образуется на режимах холостого хода и малых нагрузок, когда температуры сгорания в двигателе невысокие.

Токсичность сажи и свинца также достаточно велика. Наибольший вред сажи заключается в адсорбировании на ее поверхности бенз(а)пирена, который оказывает на организм человека канцерогенное влияние.

Кроме отработавших газов двигателей внутреннего сгорания, источниками загрязнения атмосферы являются картерные газы и испарения топлива из

карбюратора и топливного бака. С картерными газами выделяется до 20 % углеводов, на испарение из карбюратора и топливного бака приходится в среднем 15 % углеводов [5].

Еще один источник загрязнения атмосферного воздуха твердыми частицами – загрязнение пылью от износа резины (до 1,6 кг в год на один автомобиль), тормозных колодок и дисков сцепления автомобилей, а также продуктами истирания поверхности дорог.

Оксид углерода (СО), или угарный газ, обладает ярко выраженным отравляющим действием. Легкая степень отравления вызывает боли в голове, потемнение в глазах, повышенное сердцебиение, нарушает окислительные процессы в организме человека, так как вступает в реакцию с гемоглобином крови, замещая в нем кислород. Следует отметить, что при неисправном двигателе автомобиля содержание оксида углерода в выхлопных газах увеличивается в 10-20 раз [3, 7].

Оксиды азота при взаимодействии с влагой, находящейся в воздушной среде, образуют азотную и азотистую кислоты, которые при вдыхании оказывают негативное влияние на дыхательную систему организма человека. Оксиды азота опасны для листьев растений. Установлено, что их непосредственное токсичное влияние на растения проявляется при концентрации оксидов азота в воздухе в пределах 0,5-6,0 мг/м<sup>3</sup>. На величину выбросов оксидов азота большое влияние оказывает температура в камере сгорания двигателей. С повышением температуры в камере сгорания автомобильного двигателя увеличивается концентрация оксидов азота. Ранний впрыск топлива или высокие давления сжатия в камере сгорания также способствуют образованию оксидов азота. Для человеческого организма оксиды азота еще более вредны, чем диоксид углерода. При контакте диоксида азота с влажной поверхностью (слизистые оболочки глаз, носа, бронхов) образуются азотная и азотистая кислоты, которые вызывают раздражение слизистых оболочек, астматические проявления и отек легких организма человека.

В составе отработавших газов содержатся несколько десятков различных углеводородных соединений. Особенно опасными являются канцерогенные вещества, вызывающие раковые заболевания человека.

Сажа также является опасным компонентом отработавших газов. Образование сажи – это процесс термического разложения углеводородов в газовой фазе в условиях недостатка или отсутствия кислорода. Начало образования сажи зависит от таких факторов, как температура и давление в камере сгорания, вида топлива, состава топливоздушная смеси (коэффициента избытка воздуха), особенностей конструкции двигателя внутреннего сгорания [4, 8].

По расчетам, «вклад» автомобильного транспорта в загрязнение атмосферы составляет до 90 % по оксиду углерода и 70 % по оксиду азота. Автомобиль также способствует попаданию почвы и воздух тяжелыми металлами и другими вредными веществами.



Следует отметить, что особенно высокое содержание загрязняющих веществ автомобильного транспорта наблюдается на уличных перекрестках перед светофорами, где двигатели автомобилей работают на богатых смесях. Уровень загрязнения атмосферного воздуха в районе перекрестков определяется, в основном, характеристиками автомобильного транспорта, техническими параметрами и состоянием дороги, а также системой организации дорожного движения. В районах с узкими улицами и высотными домами выхлопные газы рассеиваются медленно и вызывают хронические отравления людей, длительное время находившихся на воздухе (инспектора дорожного движения, уличные торговцы и др.). Повышенная загазованность воздуха наблюдается не только на магистралях, но и в садах, скверах, внутривортовых территориях. Показано, что на балконах, выходящих на автомагистрали, на уровне четвертого этажа содержание оксида углерода в воздухе может достигать  $28 \text{ мг/м}^3$ , в квартире –  $10\text{-}15 \text{ мг/м}^3$  (при норме  $3\text{-}5 \text{ мг/м}^3$ ) [5, 9].

Методы по охране воздушной среды городов от выбросов автотранспорта включают: градостроительные, административно-организационные, технико-технологические и нормативно-правовые.

К градостроительным методам, снижающим воздействие автотранспорта, относятся следующие мероприятия:

- строительство жилых зданий на соответствующем расстоянии от автомагистралей, размещение вдоль них зеленых насаждений;
- строительство транспортных развязок в разных уровнях, строительство тоннелей и пешеходных переходов;
- расширение магистралей и развитие улично-дорожной сети;
- строительство объездных дорог для транзитного автотранспорта;

Административно-организационные методы включают:

- организацию одностороннего движения на участках городской застройки с узкой проезжей частью, имеющих сложившийся характер планировки;
- выделение в центральной части городов территорий с запретом или ограничением на движение большегрузного автотранспорта;
- внедрение автоматизированных систем управления дорожным движением на улицах крупных городов.

К технико-технологическим методам относятся мероприятия по повышению экономичности двигателей внутреннего сгорания, снижению массы конструкций, снижению токсичности отработавших газов (нейтрализаторы выхлопных газов, фильтры, присадки к топливу), применению комбинированных источников энергии.

Нормативно-правовые методы включают мероприятия по установлению норм выбросов

загрязняющих веществ и норм платы за выбросы загрязняющих веществ, по введению экологических налогов и штрафов, формированию финансовых средств на природоохранные цели.

Таким образом, защита воздушной среды города охватывает целый комплекс природоохранных мероприятий, решение которых позволит оздоровить окружающую среду, что снизит количество заболеваний человека, связанных с экологическим фактором [6, 10].

Методика исследования.

Для определения концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе на различных перекрестках улиц и магистралей г. Казани мы использовали индикаторные трубки (линейно-колористический метод), которые зарекомендовали себя среди тест-систем как самые массовые и недорогие средства контроля состава атмосферного воздуха в диапазонах концентраций, включающих их предельно допустимые значения.

Основное преимущество линейно-колористического метода заключается в экспрессности проведения анализа непосредственно на месте отбора пробы, простоте аппаратного оформления, достаточно высокой чувствительности и точности анализа. Кроме того, перед проведением анализа не требуется регулировка и настройка аппаратуры.

Суть метода состоит в том, что окраска индикаторного порошка изменяется в результате реакции с веществом, которое находится в анализируемом воздухе. При этом длина индикаторного порошка, изменившего первоначальную окраску, пропорциональна концентрации анализируемого вещества, которую измеряют по градуировочной шкале, нанесенной на индикаторную трубку. Определить содержание загрязняющих веществ в воздухе по длине изменившего окраску порошка в индикаторной трубке можно только при соблюдении ряда условий. Окраска индикаторного слоя должна быть контрастной и интенсивной, особенно при измерении минимально определяемых концентраций. Изменивший окраску индикаторный слой должен иметь достаточную для измерений длину и четкую границу раздела окрасок, величина которой должна увеличиваться с ростом концентрации определяемого компонента [11-12].

Результат измерения концентрации загрязняющего вещества приводили к нормальным условиям ( $C_n$ ): температура  $293 \text{ К}$ , атмосферное давление  $101,3 \text{ кПа}$  ( $760 \text{ мм рт.ст.}$ ), относительная влажность  $60 \%$ .

Концентрацию ( $C_n$ ) при нормальных условиях в  $\text{мг/м}^3$  вычисляли по формуле:

$$C_n = C_{t,j,p} \frac{(273 + t) \cdot 101,3}{293 \cdot r} K_e, \quad (1)$$

где  $C_t$ ,  $\phi$ ,  $p$  – результат измерения концентрации вредного вещества, при температуре окружающего



воздуха  $t$  °С, относительной влажности  $\varphi$  % и атмосферном давлении  $P$  кПа, мг/м<sup>3</sup>;

$K_v$  – коэффициент, учитывающий влияние температуры и влажности окружающего воздуха на показания индикаторных трубок (табличные данные).

Относительная погрешность измерения ( $\delta$ ) соответствовала ГОСТу [11] при условиях: барометрическое давление - от 90 до 104 кПа (680 – 780 мм рт.ст.), относительная влажность – 30-80 %, температура – от 288 до 303 К.

Величину абсолютной погрешности ( $\Delta$ ) вычисляют по формуле [13-14]:

$$\Delta = C_n \frac{d}{100}, \quad (2)$$

где  $C_n$  – концентрация вещества при нормальных условиях,

$\delta$  – относительная погрешность измерения.

Для оценки степени загрязнения атмосферного воздуха в районе автомобильных дорог был выбран перекресток ул. Декабристов – ул. Чистопольская (Вахитова) г. Казани. Такой выбор был обусловлен наличием значительных транспортных потоков автомобильного транспорта через данный перекресток, постоянных пробок, обусловленных неоптимальной работой светофоров и регулярными авариями, а также наличием в этом районе большого количества учебных учреждений и общественных зданий. На указанном перекрестке экспериментально были определены концентрации основных загрязняющих веществ, выбрасываемых в результате работы двигателей внутреннего сгорания автомобильного транспорта. Этот перекресток характеризуется высокой интенсивностью движения транспортных потоков, вследствие чего здесь нередко можно наблюдать автомобильные заторы и пробки. Кроме того, на этом участке наблюдается достаточно высокая интенсивность пешеходных потоков, а постоянное вдыхание загрязненного воздуха может привести к риску возникновения различных

заболеваний у населения, проживающего в этом микрорайоне.

Для оценки характера загрязнения в районе перекрестка ул. Декабристов – ул. Чистопольская (Вахитова) г. Казани нами были определены концентрации следующих загрязняющих воздушную среду веществ: оксид углерода, диоксид азота, взвешенные вещества, формальдегид, бензин, сумма углеводородов.

С учетом транспортных и пешеходных потоков на данном перекрестке были выбраны несколько экспериментальных точек определения концентрации загрязняющих веществ. Точка 1 – в 1 метре от проезжей части, точка 2 – в 5 метрах, точка 3 – 10 метров от проезжей части. Точка 4 – 1 метр от проезжей части, точка 5 – 10 м. Точка 6 – 1 метр от проезжей части, точка 7 – 5 метров, точка 8 – 10 метров (рис. 1). Анализ проводили в марте-апреле 2008 года. Результаты эксперимента приведены в таблице 1.

Из полученных данных видно, что только бензин и сумма углеводородов не превышают нормативные значения. В остальных случаях количество загрязнителей воздушной среды на перекрестке значительно превышает предельно-допустимые концентрации. Показано, что в точке 1 концентрация оксида углерода превышает допустимую в 4,4 раза, в других местах натуральных наблюдений фактические концентрации изменяются незначительно.

По диоксиду азота максимальная наблюдаемая концентрация составляет 1,6 ПДК (точка 4); по взвешенным веществам в точке 4 концентрация составляет 3,8 ПДК, в точке 1 – 1,3 ПДК, в точке 6 – 1 ПДК. Количество формальдегида в точке 1 – 2,86 ПДК, в точках 4 и 6 – 2,2 ПДК.

В данном районе располагаются жилые дома, Энергетический университет, образовательные учреждения, магазины, общественные здания. На данном перекрестке воздействию загрязняющих веществ высоких концентраций подвергаются пешеходы, пассажиры общественного транспорта, водители автомобилей и сотрудники ГИБДД, что может негативно сказаться на их здоровье.

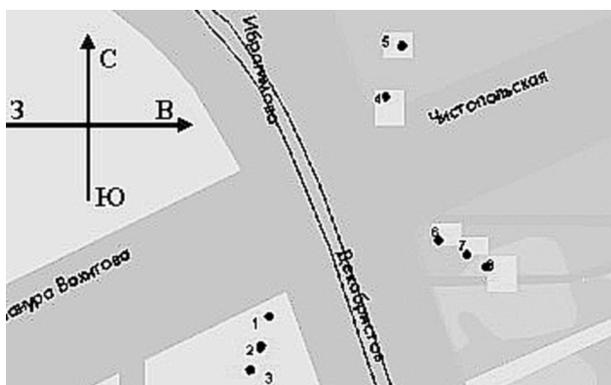


Рис.1. Точки определения загрязняющих веществ на перекрестке ул. Декабристов – ул. Чистопольская (Вахитова)

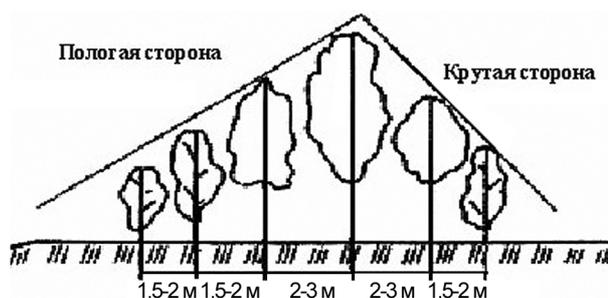


Рис. 2. Схема шумо-газо-пылезащитного озеленения



Таблица

**Фактическая концентрация загрязняющих веществ в воздушной среде на перекрестке  
ул. Декабристов – ул. Чистопольская (ул. Вахитова)**

№	Загрязнитель	Точка определения	Фактическая концентрация, мг/м <sup>3</sup>	Погрешность определения	ПДК <sub>мр</sub> мг/м <sup>3</sup>	ПДК <sub>сс</sub> мг/м <sup>3</sup>	Кратность превышения ПДК <sub>мр</sub>	Класс опасности
1	2	3	4		5	6		7
1	Взвешенные вещества	1	0,65	±0,10	0,5	0,15	1,3	–
		4	1,90	±0,30				
		6	0,50	±0,15				
2	Оксид углерода	1	22,0	±0,10	5,0	3,0	4,4	4
		2	22,0	±0,20				
		3	21,5	±0,10				
		4	20,0	±0,10				
		5	18,0	±0,25				
		6	19,0	±0,20				
		7	19,0	±0,20				
		8	18,5	±0,10				
3	Бензин	1	0,05	±0,10	5,0	1,5	–	4
		4	0,05	±0,10				
		6	0,04	±0,10				
4	Диоксид азота	1	0,12	±0,20	0,085	0,04	1,42	2
		4	0,14	±0,30				
		6	0,13	±0,15				
5	Углеводороды	1	0,03	±0,10	5,0	1,5	–	4
		4	0,03	±0,25				
		6	0,02	±0,25				
6	Формальдегид	1	0,10	±0,10	0,035	0,03	2,86	2
		4	0,08	±0,20				
		6	0,08	±0,20				

Условия низкой скорости ветра (3-5 м/с) не способствуют рассеиванию загрязнения над перекрестком и в его районе.

Для улучшения качества воздушной среды в районе перекрестка ул. Декабристов – ул. Чистопольская (Вахитова) можно предложить ряд мероприятий. Как было показано ранее, уровень загрязнения атмосферного воздуха в районе перекрестка определяется, в основном, характеристиками автомобильного транспорта, техническими параметрами и состоянием дороги, а также системой организации дорожного движения.

К организационным мерам защиты воздуха от загрязнения относится регулирование дорожного движения путем исключения частых торможений и ускорений автомобиля, наиболее способствующих выбросу загрязняющих веществ.

Для ликвидации частых торможений и ускорений, обеспечения равномерного движения автомобилей и значительного снижения загрязнения воздуха, можно предложить следующие мероприятия:

- строительство подземных или надземных пешеходных переходов;
- строительство транспортных развязок.

Более простой способ улучшения экологической ситуации на перекрестке, но весьма эффективный – это шумо-газо-пылезащитное озеленение прилегающей территории (рис. 2).

Озеленение осуществляется таким образом: 1 ряд от дороги – низкий кустарник, 2 ряд – высокий кустарник, 3 ряд – сопутствующая древесная порода, далее – главная древесная порода, 5 ряд – сопутствующая древесная порода и последний ряд – высокий кустарник. В соответствии с данными



исследований установлено, что пятирядная посадка лиственных деревьев в шахматном порядке с кустарником шириной 20 м является наиболее эффективной, так как снижает концентрацию отработавших газов на 60-70 %. Данное мероприятие, конечно, не уменьшит количество загрязняющих веществ до нормативных, но значительно улучшит экологическую ситуацию на исследуемом перекрестке и частично приведёт к оздоровлению окружающей среды.

#### Выводы

Полученные данные показывают, что на исследуемом перекрестке сложилась неблагоприятная экологическая ситуация, связанная с высокой концентрацией загрязняющих веществ в воздушной среде. Для улучшения экологической ситуации на данном перекрестке и оздоровления окружающей среды необходимо решение технических вопросов, строительство пешеходных переходов и транспортных развязок, а также шумо-газо-поглощающее озеленение прилегающей к перекрестку территории.

#### Литература

1. Киселев А.В., Фридман К.Б. Оценка риска здоровью. Подходы к использованию в медико-экологических исследованиях и практике управления качеством окружающей среды. – СПб, 1997. – 103 с.
2. Новиков Ю.В. Экология, окружающая среда и человек: Учеб. пособие для вузов, средних школ и колледжей. 2-е изд. испр. и доп. – М.: ФАИР-ПРЕСС, 2003. – 560 с.
3. Фельдман Ю.Г. Гигиеническая оценка автотранспорта как источника загрязнения атмосферного воздуха. – М.: Медицина, 1975. – 247 с.
4. Секерин С.В. Влияние загрузки автодорог движением на экологические характеристики работы автомобильного транспорта в городских условиях // В сборнике материалов III Международной научной конференции «Экология и безопасность жизнедеятельности». – Пенза, 2003. – С. 169-171.
5. Немчинов М.В., Систер В.Г., Силкин В.В. Охрана окружающей природной среды при проектировании и строительстве автомобильных дорог. – М.: Изд-во Ассоциации строительных вузов, 2004. – 240 с.
6. Павлова Е.И. Экология транспорта. – М.: Высшая школа, 2006. – 343с.
7. Скорченко В.В. Экспериментальные исследования выбросов СО автомобилями в различных дорожных условиях // В сб. статей «Организация и безопасность дорожного движения», вып. 4. – Тбилиси: Изд-во «Сабчота Сакартвело», 1986. – 256 с.
8. Горбунов В.В., Патрахальцев Н.Н. Токсичность двигателей внутреннего сгорания. Учебное пособие. – М.: Изд-во РУДН, 1998. – 216 с.
9. Егоров А.А., Гроздова О.И., Царева Ю.И. Рассеяние в атмосфере оксида углерода от автомобильного транспорта / Экология и промышленность России, 2006, январь. – С. 38-41.
10. Сафронов Э.А. Транспортные системы городов и регионов. – М.: Изд-во Ассоциации строительных вузов, 2005. – 270с.
11. ГОСТ 12.1.014-84. Система стандартов безопасности труда «Воздух рабочей зоны. Метод измерения концентраций вредных веществ индикаторными трубками». – М.: Стандартиформ, 2008.
12. Гизатуллин А.Р., Каратаев О.Р., Танеева А.В., Хамзина Е.А., Новиков В.Ф. Газохроматографические методы анализа окружающей среды предприятий строительной индустрии. – Казань: КГУ, 2006. – 260 с.
13. Рекомендации по межгосударственной стандартизации РМГ 29-99 ГСИ «Метрология. Основные термины и определения». Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации». – М.: ИПК Издательство стандартов, 2000.
14. Муравьев А.Г., Петрова Н.М. Портативное оборудование для контроля химических параметров окружающей среды // Экология производства, 2004, № 1. – С. 78-88.
15. ОДМ 218.011-98. Отраслевая дорожная методика «Автомобильные дороги общего пользования. Методические рекомендации по озеленению автомобильных дорог». – М., 1998. – 44 с.